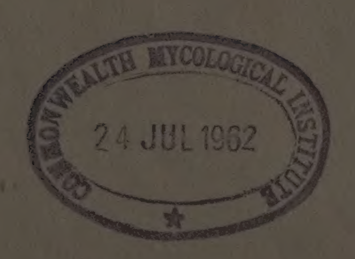

COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE
24 JUL 1962

ANNALES

DE

L'INSTITUT NATIONAL

DE LA

RECHERCHE AGRONOMIQUE

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ANNALES DE L'INSTITUT NATIONAL
DE LA
RECHERCHE AGRONOMIQUE

SÉRIE C

ANNALES DES ÉPIPHYTIES

PATHOLOGIE VÉGÉTALE - ZOOLOGIE AGRICOLE
PHYTOPHARMACIE



INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
7, rue Keppler – Paris

MÉTHODE D'ÉLEVAGE AU LABORATOIRE DE *PROSPALTELLA PERNICIOSI* TOW

PAR

C. BENASSY et A. BURGERJON

Laboratoire de zoologie agricole, St-Genis-Laval (Rhône)

PLAN DU MÉMOIRE

I. — INTRODUCTION

Par suite des résultats satisfaisants enregistrés à l'étranger (1-2) par l'emploi de *Prospaltella perniciosi* Tow dans la lutte biologique dirigée contre *Quadraspidiotus perniciosus* Comst, l'Institut National de la Recherche Agronomique décida l'introduction en France de cet Aphelinidae pour en réaliser un élevage de masse.

Celui-ci s'effectue normalement suivant la méthode préconisée par Flanders (2) : utilisation de la pastèque (*Citrullus vulgaris*) comme support de la Cochenille-hôte. A 27° C, avec une hygrométrie de 55 p. 100 environ, des fruits mûrs et sains de 15 à 20 cm de diamètre permettent le maintient d'une infestation de Cochenilles pendant une moyenne de 2 à 3 mois. Après son éclosion, à cette température, le Pou de San José devient mature en 37 jours environ. Durant cette période, *Prospaltella* peut attaquer tous les stades successifs et son développement est en corrélation avec celui de la Cochenille.

Néanmoins, cette technique n'est pas la seule à envisager : les végétaux ligneux tels que pommiers, poiriers, cassissiers, hôtes courants du

Pou de San José, ne sont pas à négliger comme supports possibles de la Cochenille. Leur emploi, malgré les inconvénients qu'il présente (attaques d'Araignées rouges sur les 3 espèces, d'oïdium sur les pommiers) serait rendu nécessaire dans le cas d'une destruction rapide et anticipée des pastèques par l'agent de la « Nuile », le *Colletotrichum lagenarium*. Un tel mode d'élevage, utilisé comme appoint, sauverait la souche de *Prospaltella perniciosi* Tow d'une perte certaine.

II. — CONCEPTION DES CAGES

Lors de l'importation des Hyménoptères, devant le nombre réduit d'Insectes disponibles pour assurer le succès de l'élevage initial ou « souche-mère », il ne pouvait être question de lâcher dès leur éclosion les adultes dans un volume important : une serre, une salle climatisée, et, encore moins, dans la nature. En effet, aucun contrôle sérieux du devenir de la souche ainsi introduite n'était possible, du fait de la dispersion immédiate d'un bon nombre d'Insectes. Aussi dut-on envisager de concentrer l'Hyménoptère dans un volume restreint, en lui réalisant des cages spéciales bien adaptées aux diverses possibilités de l'élevage. D'où les 2 types de cages envisagés : la cage horizontale permet l'élevage sur pastèques, la verticale, celui sur végétaux en pôts.

De plus, ces cages, un début d'élevage une fois réalisé, devaient permettre la conduite d'études à la fois biologique et écologique en fragmentant la population parasite en unités de moindre importance, propres à rendre l'expérimentation plus aisée. Celles-ci placées dans des conditions variées, assureraient aussi le maintient plus certain de la souche. Tous ces essais envisagés dans une seule pièce d'élevage, étaient pratiquement impossibles à réaliser.

III. — RÉALISATION DES CAGES

a) Caractéristiques

Les cages devaient répondre aux conditions suivantes :

— être de construction simple, mais très soignée pour interdire toute fuite de *Prospaltella* ; fuite à envisager, du seul fait de sa taille.

— avoir une aération suffisante permettant le maintient d'une température identique à leur intérieur comme à l'extérieur et d'une hygrométrie moyenne (60-70 p. 100) constante. Le règlage de l'humidité relative de l'air a, en effet, une grande importance, si l'on veut éviter toute trace de condensation qui, même légère, est néfaste à l'Insecte : il s'y noie ou s'y colle les ailes.

— assurer à l'Hyménoptère fortement phototropique positif un éclairage uniforme, par l'emploi de matière plastique transparente (type rhodoïd) dans leur construction.

— être d'un emploi commode par un encombrement réduit et une grande facilité d'entretien.

b) Cage horizontale

Conçue pour héberger de 2 à 3 pastèques de moyenne importance, elle se présente sous forme d'un tunnel, réalisation, une des plus simples techniquement (fig. 1 et 2). Seule la base (60 cm × 30 cm) est formée par une plaque de 2,5 cm d'épaisseur de fibres de bois agglomérées.

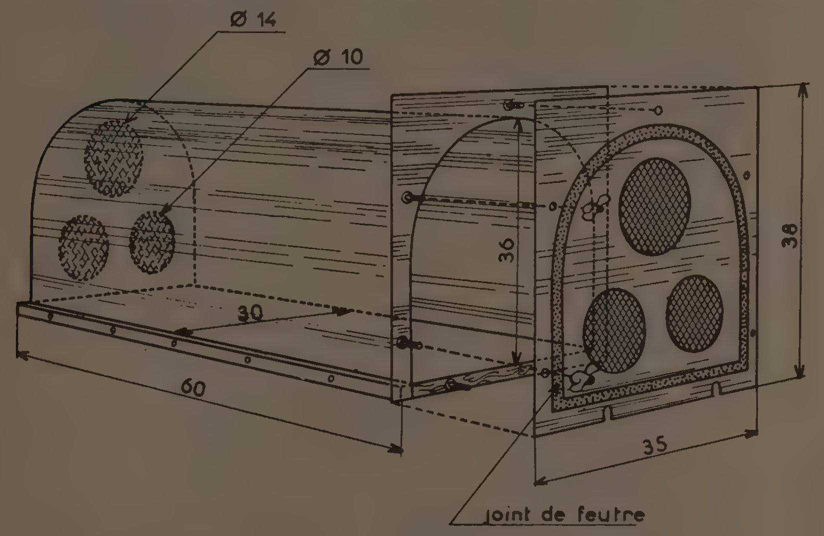


Fig. 1. — Cage horizontale

Cette présentation a l'avantage sur le bois ordinaire de ne pas réagir avec le temps aux variations atmosphériques. La partie supérieure, entièrement transparente, est constituée par l'assemblage au moyen de rhodoïd dissout dans l'acétone, de panneaux découpés dans des feuilles de 0,7 mm d'épaisseur et des plaques de 3,5 mm pour les montants et la porte. Celle-ci munie d'un joint en feutre, se visse. Les trous de fixation dans ce mode de montage, une vis traversant le rhodoïd, sont munis d'un certain jeu. Ce dernier, nécessaire, permet à la matière plastique une libre modification de dimensions par suite des variations atmosphériques. L'ensemble de la cage est fixé sur la base au moyen de vis à bois pour les panneaux de forte épaisseur ; et par l'emploi simultané de vis à bois et de baguettes de bois dur pour les feuilles minces.



FIG. 2. — Photographie d'une cage horizontale (cliché MILAIRE, P.V. Lyon).

Des perforations de 14 et de 10 cm de diamètre pratiquées sur la porte et le panneau opposé donnent une aération suffisante, tout en ne nuisant pas à la rigidité de l'ensemble. Munies de mousseline vers l'intérieur, elles sont recouvertes de fin grillage vers l'extérieur. Il sert à protéger la mousseline contre tout choc éventuel au cours de l'élevage.

c) Cage verticale

Elle permet de transférer l'élevage pratiqué sur pastèques sur des végétaux en pôts, puis de le continuer sur ces mêmes végétaux. Dans chaque cage, doivent donc prendre place à côté d'une pastèque de moyenne importance le plus grand nombre de tiges, nombre limité, d'ailleurs, par le diamètre des pôts. Ceux-ci nécessitant un arrosage fréquent ne peuvent commodément se trouver à l'intérieur des cages. A la difficulté de l'opération, s'ajouterait, celle-ci réalisée, la possibilité de condensation immédiate sur les parois. De plus, une cage abritant des pôts demanderait des dimensions nettement supérieures à celle pratiquement réalisables avec les panneaux de rhodoïd employés.

Dans ces conditions, pour construire la cage envisagée, simple cylindre de rhodoïd vissé sur un panneau de bois (fig. 3 et 4) et utiliser au maximum le volume disponible, les pôts, au nombre de 3, sont mis à l'extérieur des cages. Seules les tiges y pénètrent au moyen d'entailles découpées dans la base et disposées aux sommets d'un triangle équilatéral s'inscrivant dans le cercle de base du cylindre. En son centre se place,

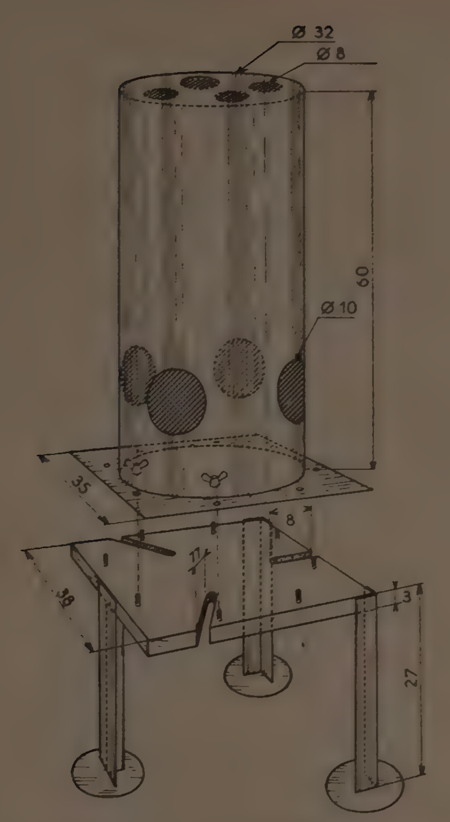


Fig. 3. — Cage verticale.



Fig. 4. — Photographie d'une cage verticale (cliché Milaire, P.V. Lyon).

si besoin est, la pastèque employée. La base de la cage est montée sur 3 pieds, ce qui lui assure une très bonne stabilité et lui permet de ne pas reposer directement sur les pôts. Cette disposition supprimant toute humidité facilite également, une fois la cage ouverte, le déplacement des arbustes.

Les perforations munies de mousseline fine, réparties à la partie inférieure du cylindre et sur le fond supérieur, assurent l'aération nécessaire.

Comme précédemment, les matériaux employés sont les fibres de bois agglomérées de 2,5 cm d'épaisseur pour la base de la cage et le rhodoïd de 3,5 mm et de 0,7 mm pour la confection du cylindre.

IV. — RÉSULTAT DE LEUR UTILISATION

Ces cages ont été employées conjointement dans une salle climatisée et dans une serre au cours de l'été.

Dans le 1er cas, la température et l'hygrométrie se sont maintenues identiques à l'intérieur des cages comme à l'extérieur. Le rhodoïd non soumis à des variations notables de l'humidité relative ne s'est déformé en aucun cas. Telles qu'elles, les cages ont pu s'utiliser.

En serre, leur emploi s'est montré de suite plus délicat. Le réglage de la température et de l'hygrométrie a nécessité une surveillance constante pour éviter à tout moment l'exposition des cages à l'insolation directe du soleil. Malgré les claies tamisant la lumière, de brusques augmentations de température alliées à de fortes baisses d'hygrométrie ont été enregistrées.

V. — RÉSUMÉ

Pour conserver une souche introduite en France et faciliter l'étude biologique et écologique de *Prospaltella perniciosi* Tow, parasite spécifique du Pou de San-José, sont décrits 2 types de cages originales.

Les cages horizontales permettent l'élevage du parasite sur la Cochenille admettant la pastèque comme plante hôte ; les verticales maintiennent le même élevage, la Cochenille étant fixée cette fois sur des végétaux en pots.

(*Reçu pour publication le 4 décembre 1954*).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) ANNAUD (P. N.). — Report of the Chief of the Bureau of Entomology and Plant Quarantine 9 (41-) 42. Washington D. C., V. S., Dep. Agric., 1942.

(2) FLANDERS (S. E.). — Observation of *Prospaltella perniciosi* Tow and its Mass Production, *J. econ. Ent.*, **37**, n° 1, p. 105, 1954.

REMARQUES SUR DEUX APHELINIDÉS : *APHYTIS MYTILASPIDIS* LE BARON et *APHYTIS PROCLIA* WALKER

par

C. BENASSY

Laboratoire de zoologie agricole, St-Genis-Laval (Rhône)

PLAN DU MÉMOIRE

INTRODUCTION

Des études antérieures (1, 8) ont montré que le Pou de San-José était soumis à l'action d'hyménoptères parasites dont les plus importants numériquement appartiennent au genre *Aphytis*. Ce sont : *Aphytis proclia* Wlk et *Aphytis mytilaspidis* Le B.

Dans la région lyonnaise, le premier est inféodé à *Quadraspidiotus perniciosus* Comst et à *Pseudaulacaspis pentagona* Targ. Il n'a jamais été retrouvé jusqu'à présent sur d'autres Cochenilles indigènes, données comme hôtes certains (1,4) : *Aulacaspis rosae* Bouche et *Lepidosaphes ulmi* L. Le second (*A. mytilaspidis*) plus polyphage, disperse son action sur l'ensemble des Cochenilles citées et sur *Epidiaspis leperii* Sign.

Sans vouloir diminuer le rôle d'*A. mytilaspidis* dans la limitation des pullulations du Pou de San-José, on peut attribuer les observations biologiques faites ces dernières années à *A. proclia*, 6 fois plus important numériquement ; ceci d'autant plus que les 2 espèces sont indiscernables macroscopiquement de l'œuf jusqu'à la nymphe (1).

(1) Pourtant, à côté des larves uniformément jaunes courantes on rencontre certains spécimens, entièrement blancs. Jusqu'à présent, ils se sont révélés tous comme appartenant à l'espèce *A. proclia*.

CARACTÈRES ANATOMIQUES DISTINCTIFS DES DEUX ESPÈCES

Chez les 2 espèces, les larves à segmentation bien marquée (fig. 1) n'ont aucun appendice ; la cuticule est nue sur l'ensemble du corps.

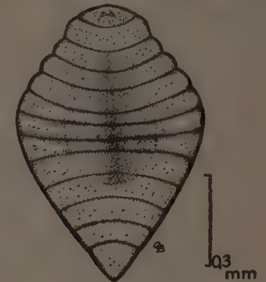


FIG. 1. — *Aphytis sp.* : Larve mature.

Microscopiquement cependant, ces larves diffèrent par la forme et les dimensions de leurs mandibules. Ces dernières, chez *A. mytilaspidis* arrivé au stade : larve mature, sont de forme triangulaire (fig. 2), étroites,

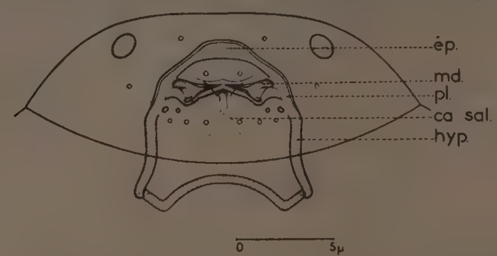


FIG. 2. — *Aphytis mytilaspidis.* : Capsule céphalique de la larve mature.
ep. : épistome ; pl. : pleurostome ; hyp. : hypostome ; md. : mandibules ; ca. sal. : canal salivaire.

pointues, fortement chitinisées, leur longueur étant le double de la largeur de la base (6). Comparativement les mandibules d'*A. proclia*, beaucoup plus trappues sont sensiblement aussi longues que larges (fig. 3).

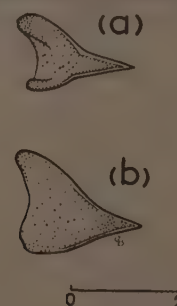


FIG. 3. — Mandibules d'*Aphytis mytilaspidis* (a) et d'*Aphytis proclia* (b).

Les nymphes nouvellement formées, sont de couleur jaune clair, puis le pigment se dépose graduellement :

— chez *A. proclia*, les yeux deviennent rouge foncé, la partie thoracique et les pattes jaune légèrement embruni ; l'abdomen de même teinte, est plus clair cependant (fig. 4).

— la nymphe d'*A. mytilaspidis* est de couleur générale verdâtre. Les yeux sont vert foncé, le thorax et les appendices vert olive, l'abdomen jaune verdâtre et la capsule céphalique vert olive très sombre (fig. 5).

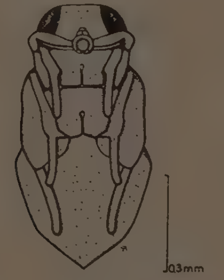


FIG. 4. — *Aphytis proclia* : nymphe.



FIG. 5. — *Aphytis mytilaspidis* : nymphe.

La taille de la nymphe, chez les 2 espèces varie de 0,6 à 0,8 m/m. Il est à remarquer son extrême compression dans le plan dorso-ventral et le renversement de sa position normale : les pièces buccales du nouvel adulte sont au contact du bouclier de la cochenille. Ce cas particulier est déjà signalé par CLAUSEN (C. P.), (2) dans de nombreuses espèces.

BIOLOGIE

a) Méthode d'étude

Celle utilisée, fait appel à 2 procédés se complétant l'un, l'autre les comptages, la mise en éclosoirs.

Comptages : — Le premier consiste à effectuer à intervalles réguliers, des comptages de population (600 à 1 000 insectes environ par comptage) de *Q. perniciosus*. Les échantillons étaient prélevés au hasard sur les pommiers : Calville Blanc du verger expérimental de Tassin-les-Lyon. Chaque comptage mettait ainsi en évidence, pour le parasite, à côté du nombre de Cochenilles attaquées, l'importance des différents stades les uns par rapport aux autres. Les éléments statistiques obtenus permettaient de suivre l'évolution d'*Aphytis* dans la nature, d'en noter les générations successives et leur date approximative d'apparition.

Mise en éclosoirs : — Après chaque comptage, le matériel non utilisé était placé dans des éclosoirs constitués par de simples boîtes de bois percées d'un trou. Celui-ci pratiqué généralement à la partie supérieure de l'une des faces, recevait un tube de verre destiné à recueillir les hyménoptères dès leur éclosion.

Théoriquement l'apparition des parasites dans les tubes devrait coïncider avec leur sortie dans les champs. Mais les conditions de température et d'humidité régnant à l'intérieur ne sont pas toujours celles intéressant l'insecte dans son milieu naturel. Les variations extérieures, si elles sont ressenties, peuvent être atténuées ou au contraire, amplifiées ; l'éclosion des parasites en sera modifiée. De plus le matériel ainsi enfermé est soustrait à toute action ultérieure de la part des parasites et surtout des prédateurs. Ces derniers, comme en 1953, peuvent détruire un grand nombre de Cochenilles, parasitées ou non. Aussi ne doit-on attacher aux éléments recueillis par cette méthode qu'une importance relative, elle permet seulement un contrôle utile des résultats acquis par les comptages successifs.

b) **Particularités biologiques**

A. proclia est un ectoparasite qui, dans le cas de *Q. perniciosus* s'attaque exclusivement aux femelles adultes. Le même mode de vie, se retrouve avec *P. Pentagona* comme hôte. Début août 1953, cependant, quelques individus sont observés se développant en tant que prédateurs des œufs de la nouvelle génération : sous les boucliers de Cochenilles desséchées, on pouvait remarquer une jeune larve du parasite parmi des œufs turgescents et des chorions. Ces derniers doivent être attribués aux œufs déjà absorbés par le parasite car, à cette date, aucune éclosion de larve mobile n'avait encore eu lieu. Seul le dessèchement complet du corps de la femelle, obligea vraisemblablement la jeune larve à ce mode de vie.

Ce phénomène est fréquent, chez différentes espèces du même genre (2), Taylor (T. H. C.) (7) en donne la même explication pour *A. chrysomphali*.

Dans le cas d'*A. mytilaspidis*, l'interprétation divise un grand nombre d'auteurs. Certains, dont Griswold (G. H.) (3) soutiennent qu'il y a prédatisme véritable. D'autres avec Imms (A. D.) (5) y voient un phénomène parasitaire particulier. L'Hyménoptère exercerait une action inhibitrice sur la ponte de la Cochenille et la réduction du nombre d'œufs ne serait pas due à leur destruction par la jeune larve. Cette réduction serait d'autant plus sensible que l'attaque d'*Aphytis* aurait été plus précoce. Une telle opinion explique des observations faites en fin d'été 1952, sur des échantillons de *Lepidosaphes ulmi*. Dans de nombreux

cas, à côté de la femelle desséchée dans la partie supérieure du bouclier, figurait parmi des œufs sains, en l'absence de tout chorion, une larve d'*Aphytis*. La taille en était sensiblement en rapport inverse avec le nombre d'œufs présents : plus l'attaque du parasite est précoce, plus la ponte de la Cochenille est réduite et plus la larve d'Aphytis est volumineuse ; la taille de cette dernière varie, en effet, avec la quantité de nourriture absorbée.

c) Cycle évolutif d'Aphytis proclia

L'abondance du parasite au cours de la période végétative variant sensiblement suivant les conditions microclimatiques et atmosphériques (8), seule l'année 1951 permit une étude sérieuse du cycle évolutif de cet Hyménoptère.

Après la présence de nymphe notée jusqu'au 30 mai, apparaissent des jeunes larves à partir du 15 juin. Se développant, elles font place à de nouvelles nymphes, le 30 juillet. Par la suite, de mi-août à fin novembre, chaque comptage met en évidence la présence juxtaposée des différents stades : adulte, œuf et jeune larve, larve, nymphe. En décembre, seuls les stades hivernants : larve mature, nymphe figurent lors de chaque observation.

De tels faits permettent de distinguer 2 périodes dans l'évolution d'*A. proclia* :

— la première (printemps, début de l'été) où les différents stades séparés dans le temps témoignent de la présence dans la nature d'une seule génération : la 1re issue de la génération hivernante.

— durant la deuxième période (mi-août, fin novembre) les générations se chevauchent. Les variations du pourcentage des différents stades dans l'ensemble de la population (fig. 6) permettent d'en estimer

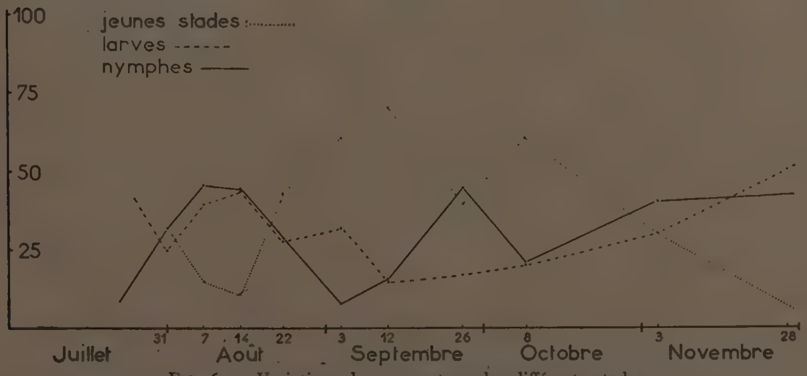


FIG. 6. — Variations du pourcentage des différents stades dans l'ensemble de la population d'*Aphytis proclia Wlk.* durant l'année 1951.

le nombre à 2. La première (2e génération de l'année) s'observe à partir du 10 août environ ; la deuxième (3e génération de l'année) est partielle et se situe début octobre. Cette possibilité d'une 3e génération tardive, se trouve d'ailleurs confirmée par l'éclosion d'adultes et la présence d'œufs notées le 30 novembre. Cependant, seule une faible partie de cette 3e génération peut vraisemblablement atteindre le stade capable d'hiverner. La majorité de la population hivernante doit donc provenir des dernières pontes de la 2e génération.

Les sorties d'*A. proclia* des éclosoirs se produisent du 30 juillet au 21 novembre ; elles n'intéressent que la 2e période de son évolution. Elles sont groupées dans la première quinzaine d'août, puis s'échelonnent jusqu'à la fin septembre. Durant les 3 premières semaines d'octobre, elles sont de nouveau importantes, pour s'espacer par la suite (fig. 7). D'août à fin novembre, comme précédemment, 2 générations successives apparaissent.

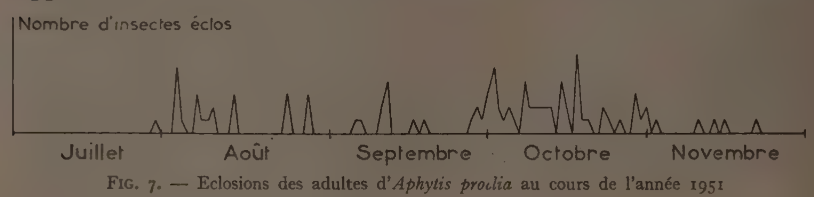


FIG. 7. — Eclosions des adultes d'*Aphytis proclia* au cours de l'année 1951

Pour l'année 1951, il semble donc possible d'estimer à deux le nombre de générations présentes au cours de l'été et du début de l'automne et d'envisager l'apparition d'une 3e tard en saison (fig. 8).

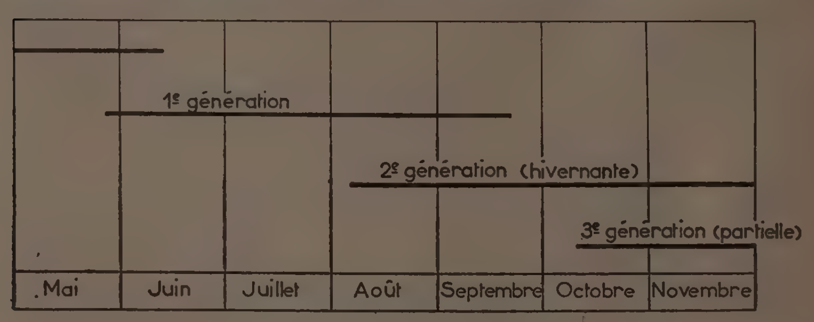


FIG. 8. — Cycle évolutif d'*Aphytis proclia* pour l'année 1951.

La durée du cycle n'a pu être précisée. Seules des expériences fragmentaires permettent de chiffrer à 11-12 jours environ, celle du stade nymphal à la température moyenne de 22°C avec une humidité relative de l'air voisine de la saturation.

Les données existant pour les années 1949 — 1950 — 1952 et 1953

sont trop restreintes pour permettre de déterminer la date d'apparition des différentes générations. Elles semblent confirmer dans l'ensemble les résultats de 1951.

RÉSUMÉ

1° Pour permettre une étude d'*Aphytis proclia*, parasite du Pou de San-José sont notés les caractères distinctifs intéressant à la fois les larves et les nymphes de cette espèce et d'une autre voisine *A. mytilaspidis*, vivant sur la même Diaspine.

2° Le phénomène particulier de prédatisme véritable sur les œufs, observé parfois chez l'espèce *A. proclia*, n'aurait pas lieu chez *A. mytilaspidis*.

3° Le cycle évolutif d'*A. proclia*, comporterait normalement 2 générations et la possibilité d'une 3e partielle.

(*Reçu pour publication le 4 décembre 1954.*)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) D'Aguilar (J.), Allegret (P.) et Vasseur (R.). — Premières observations sur les parasites du Pou de San-José (*Quadraspidiotus perniciosus Comst*) dans le Lyonnais. *Ann. des Epiphyties*, 59-64, 1948.

(2) Clausen (C. P.). — Entomophagous Insects. *Mc Graw-Hill Book Company Inc.* New-York and London, 1940.

(3) Griswold (G. H.). — A Study of the Oyster-Shell Scale (*Lepidosaphes ulmi*) and of one of its Parasites *Aphelinus mytilaspidis* Le Baron. *Cornell Univ. Agr. Exp. Stat.*, Mém. 93. 1925.

(4) Hoffer (A.). — *Aphytis proclia* Wlk. (Hym. Chalcidoidea, Aphel.), parasite principal du Pou de San-José en Slovaquie. (Première contribution à la connaissance du parasitisme du Pou de San-José en Slovaquie.) *Ochr. Rost.* 21 pt. 5-6, Prague 1948.

(5) Imms (A. D.). — Observations of the Insect Parasites of some Coccidae. *Quart. Jl. microsc. Sci.*, **61**, p. 217-274. London, 1916.

(6) Parker (H. L.). — Recherches sur les formes post-embryonnaires des Chalcidiens. *Ann. Soc. Entom. France*, vol. XCIII, p. 261-379, 1924.

(7) Taylor (T. H. C.). — The Campaign against. *Aspidiotus destructor* Sign in Fiji. *Bull. Ent. Res.*, **26**, p. 1-100, 1935.

(8) Vasseur (R.) et Benassy (C.). — Sur la faune parasitaire du Pou de San-José (*Quadraspidiotus perniciosus* Comst.) dans la région lyonnaise et ses relations avec les conditions climatiques. *Ann. des Epiphyties*, 283-290, 1953.

RECHERCHES SUR LE COMPORTEMENT DU HANNETON COMMUN (*MELOLONTHA MELOLONTHA L.*) AU COURS DE SA VIE AERIENNE

PAR

A. COUTURIER et P. ROBERT

avec la collaboration technique de **F. Antoine et P. Blaisinger**

Station de Zoologie agricole

Centre de Recherches agronomiques d'Alsace, Colmar.

PLAN DU MÉMOIRE

Au printemps de certaines années les Hannetons (*Melolontha melolontha* L.) se montrent très nombreux en des points particuliers, généralement assez limités, des lisières forestières.

Au cours des belles journées on peut entendre en fin de matinée les insectes voler lourdement à la cime des arbres, mais c'est principalement le soir au coucher du soleil que se manifeste leur activité ; la plu-

part se déplacent d'un arbre à un autre, soit pour trouver un meilleur élément nutritif, soit chez les mâles en vue de rechercher une compagne. En outre, on assiste à des vols massifs dont nous allons chercher à préciser la nature.

I. — ÉTHOLOGIE

DESCRIPTION DES VOLS CRÉPUSCULAIRES

Nous distinguerons, avec les auteurs, plusieurs types de déplacements crépusculaires :

Les vols préalimentaires, composés d'individus immatures des deux sexes qui commencent leur vie aérienne après avoir quitté le sol où ils ont passé l'hiver. En plaine, au moment de prendre son vol, chaque insecte cherche à reconnaître les lieux en décrivant plusieurs spires à rayons de plus en plus grands, puis il se dirige vers un endroit déterminé. Ce site est le même pour presque tous les individus qui partent d'un même lieu ; il correspond le plus souvent à un bord de forêt se détachant bien sur l'horizon et dont la situation semble indifférente par rapport au soleil couchant (fig. 1).



FIG. 1. — Les Hannetons se rassemblent surtout dans les pointes et dans les avancées de forêts (Chavannes-les-Grandes, mai 1950). (*Cliché A. Couturier.*)

Les vols de ponte comprennent des femelles dont les ovaires sont garnis d'œufs prêts à être déposés. Après s'être abondamment nourris pendant 10 à 15 jours, ces insectes quittent les bois pour aller pondre aux alentours.

Les vols de retour en forêt après la ponte semblent présenter les mêmes caractères que les vols préalimentaires. Ils sont constitués surtout par des femelles qui commencent un nouveau cycle de reproduction après être restées quelques jours dans le sol auquel elles ont confié leurs œufs.

Les vols d'arrivée en forêt se déclenchent au déclin du jour sous une très faible luminosité (50 à 10 lux). Les vols de ponte commencent moins tard, lorsque l'éclairement est encore de 200 lux environ. Cela est un fait d'observation courante déjà mis en évidence par de nombreux auteurs.

MEUNIER (1929), SCHNEIDER-ORELLI (1947) et avec plus de précision F. SCHNEIDER (1952) ont montré ainsi comment l'heure des vols variait au cours de la saison en fonction de l'heure du coucher du soleil.

Au cours d'une même soirée, il est possible d'observer successivement deux vols orientés en sens inverse l'un de l'autre. En premier lieu des femelles quittent la forêt pour aller pondre puis, 15 à 20 minutes après, d'autres insectes commencent à venir vers le bois alors que le vol de ponte n'est pas encore terminé.

Le soir les arrivées se font progressivement, quelques isolés se présentent d'abord devant une lisière, puis le nombre des individus augmente rapidement, passe par un maximum pour décroître ensuite. Le même phénomène s'observe en sens inverse au moment des vols de ponte. La fréquence des passages en fonction du temps s'exprime graphiquement par une courbe en cloche « pointue » qui monte et descend très rapidement (GASSER et WIESMANN 1950).

Les individus les plus proches de la forêt mettent le moins de temps à parvenir à la lisière, les autres s'y présentent avec un certain retard. Si les insectes s'envolaient tous au même moment, la courbe de fréquence serait l'image fidèle de leur dispersion dans les champs. Or nous avons affaire à une population dont les éléments ne réagissent pas tous en même temps, les départs sont échelonnés quelle que soit leur distance du bois. Si les premières arrivées correspondent sans doute aux premiers vols effectués à proximité de la lisière, les suivants comprennent à la fois des individus provenant des mêmes lieux et les premiers sortis d'emplacements plus éloignés. Le nombre des arrivants s'élèvera très rapidement car il sera composé non seulement des bêtes, toujours en augmentation, des points les plus proches, mais aussi de celles venues d'une plus grande distance. La décroissance se fera aussi très vite pour des raisons analogues.

Les soirs de moyenne activité les Hannetons arrivent par vagues, cela traduit l'hétérogénéité de leur répartition dans le sol, les individus originaires d'un terrain à forte densité formeront en effet un groupe toujours plus serré que ceux provenant des points avoisinants où ils se trou-

vaient plus clairsemés. Au cours des vols importants ces variations sont masquées et on ne peut guère distinguer de phases de répit.

La distance parcourue au cours des vols crépusculaires varie selon la topographie des lieux. Au foyer simple de Rouffach, situé en plaine, les pontes sont très nombreuses de 200 à 1000 mètres de la lisière, mais des femelles se posent en deçà et au-delà (ROBERT 1953). Ces limites peuvent être considérées comme des moyennes. SCHNEIDER (1952) indique par exemple selon les localités de Suisse des zones critiques de 200 à 400 et de 400 à 1 500 mètres.

Malgré leur généralité les vols crépusculaires, qui semblent jouer un rôle si important dans la vie à l'air libre du Hanneton, ne sont nullement nécessaires. Une femelle est en effet capable de donner une descendance même si elle n'a pas effectué de grands déplacements. Des individus capturés au moment des sorties de terre, puis élevés au laboratoire, se sont nourris et, sans difficulté, ont déposé leurs œufs dans la terre des dispositifs.

Au cours de traitements insecticides, un certain nombre de Hannetons, ayant reçu une dose insuffisante de poudre, étaient tombés au pied des arbres, incapables de voler. Les femelles dont les ovaires étaient déjà assez développés se sont enfouies en terre pour pondre et des Vers blancs ont été retrouvés plus tard au même endroit.

ESSENCES PRÉFÉRENTIELLES

Les Hannetons se rencontrent sur un grand nombre d'arbres, les plus goûtés semblent être le chêne, l'érable champêtre, le charme, le hêtre, le noyer, le prunier, le marronnier, le saule marsault, etc... Ils s'en prennent aussi, quoique plus rarement, au peuplier, au cerisier, au bouleau, au pommier, etc... Ils se portent surtout sur les jeunes pousses dont ils sont très friands. Au milieu de la saison ils abandonnent les chênes pour les noyers qui ont alors de jeunes feuilles. Selon les régions et l'état de la végétation au moment de l'apparition des insectes, ceux-ci pourront attaquer les essences les plus variées à l'exception des résineux ; il en résulte une apparente contradiction dans les observations des auteurs.

Ainsi, en 1953, parmi les bouleaux plantés le long d'une route du « ried » de Colmar, certains étaient très mangés, d'autres faiblement, quelques-uns pas du tout (fig. 2). Il s'agissait cependant d'arbres voisins, de taille semblable, qui auraient dû présenter la même attractivité. Les plus attaquées étaient en réalité les formes les plus tardives, la tendreté de leur feuillage convenant mieux aux Hannetons qui délaissaient les voisins dont la végétation était plus avancée.

Parfois une route bordée d'érables sycomores suffit à nourrir des

populations dont la descendance causera des dommages aux cultures environnantes, ce phénomène est important sur le plateau crayeux de Champagne où les bois consistent surtout en résineux.



FIG. 2. — Le long de cette route bordée de bouleaux les Hannetons se sont groupés sur les arbres dont le feuillage était le plus tendre, ils ont délaissé les autres (Riedwihr, mai 1950). (*Cliché A. Couturier.*)

II. — ÉCOLOGIE ET PHYSIOLOGIE

Les Hannetons déjà formés à la fin du mois d'août, restent dans la loge nymphale et sortent seulement au printemps suivant. Selon B. HURPIN (1953), ils subissent une diapause en relation, chez la femelle, avec le développement ovarien. Après cette phase de repos ils seraient en mesure de présenter une activité aérienne ; dans les conditions naturelles cet état apparaît généralement en France en janvier ou février.

Les conditions physiologiques primordiales étant réalisées, il convient de connaître l'influence que peuvent avoir les facteurs extérieurs sur le comportement des insectes.

La REMONTÉE est alors sous la *dépendance directe* de la température du sol qui doit dépasser 10°C.

La pression atmosphérique ne semble pas jouer un rôle important. Le vent, lorsqu'il devient très violent, contrarie les vols, mais il est rarement susceptible de les arrêter.

Une petite pluie peut parfois empêcher les départs. Ceux-ci sont souvent retardés par l'eau qui recouvre les terrains (Rouffach 1950 et 1953, Mareuil 1952).

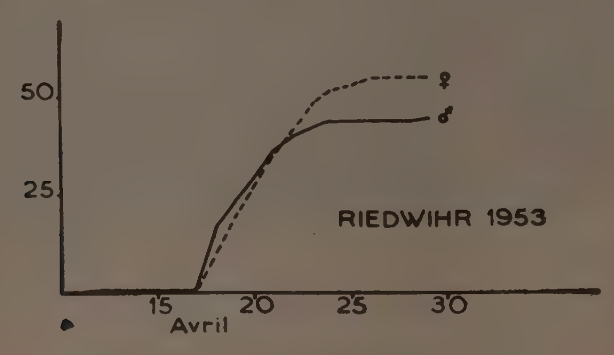
A) INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE

L'influence de la température est très grande sur les envols.

1° Échelonnement des sorties

D'ordinaire les sorties commencent, selon les années, dans le courant du mois d'avril ou au début de mai lorsque le sol est suffisamment réchauffé par les premières belles journées.

Les mâles se montrent d'abord les plus nombreux, puis les femelles présentent le pourcentage le plus élevé (fig. 3).



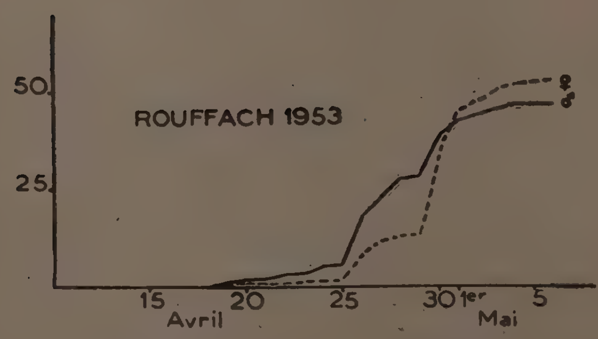


FIG. 3. — Courbes cumulatives des sorties journalières de chaque sexe (ramenées à une population totale de 100 individus).

En 1950, dans la région de Dannemarie et à Rouffach (Haut-Rhin), quelques insectes apparurent, comme en Suisse, dès les 20 et 21 avril à la faveur du réchauffement du sol. (Dans un site d'exposition moyenne la température à 25 cm de profondeur était restée entre 7 et 9° pendant une dizaine de jours. Elle atteignit 9 et 10° les 20 et 21.) Le refroidisse-

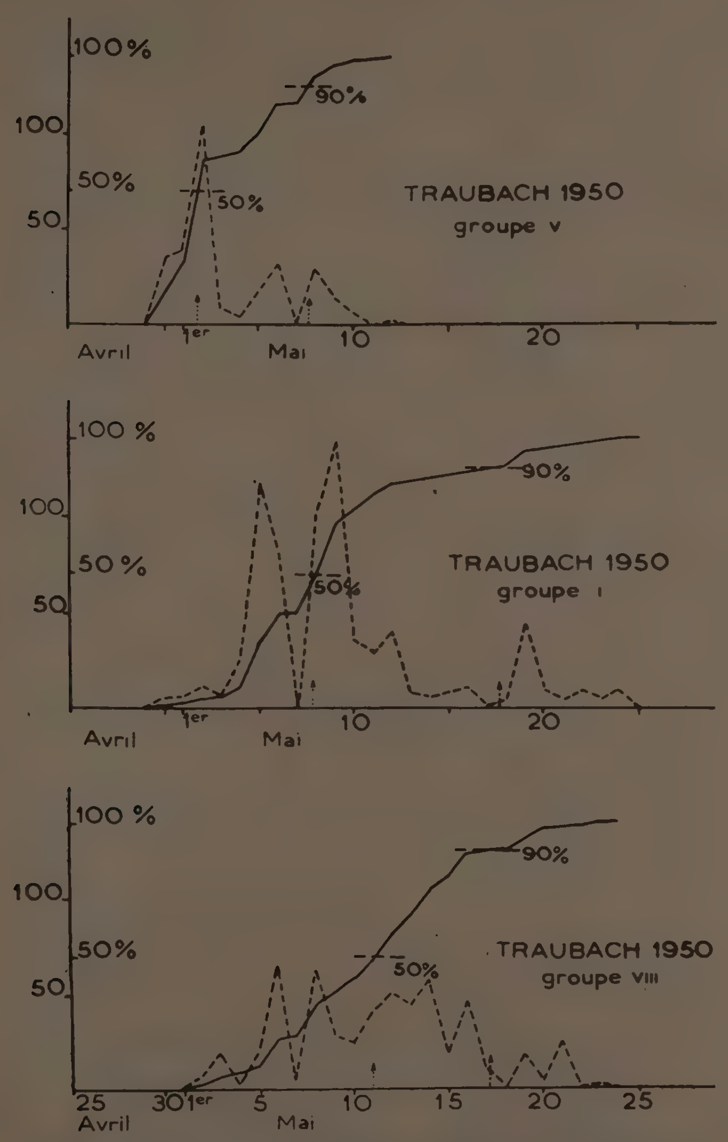


FIG. 4. — Le rythme des sorties dépend de l'état de réchauffement du sol (groupe V : sol en pente, groupe I : terrasses, groupe VIII : fond de vallée humide).

ment général survenant à cette époque a arrêté les départs (5° à — 25 cm le 28 avril). A la fin d'avril le sol est passé en trois jours de 6,2 à 10°4, puis les jours suivants à 11,8 et 12°6 ; ce phénomène, en relation avec

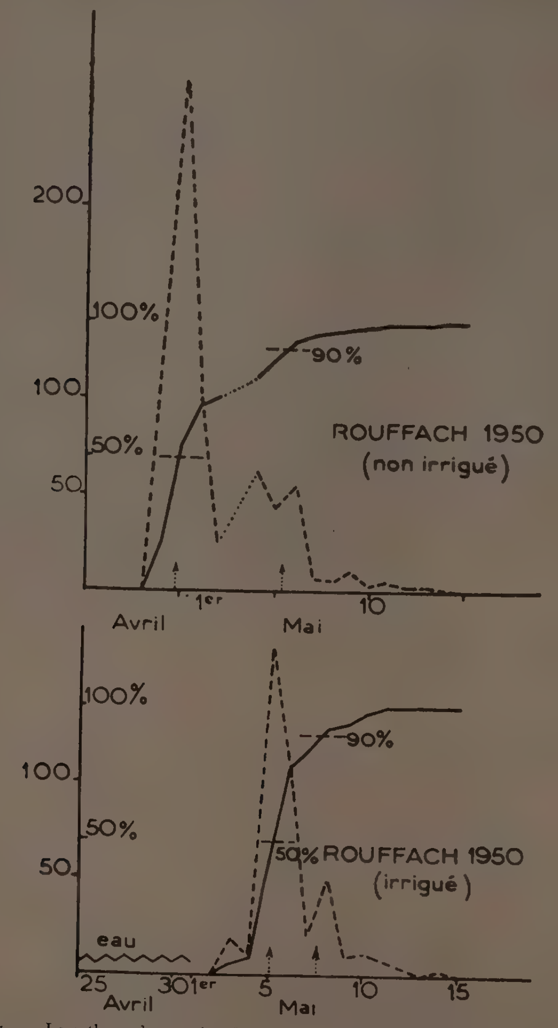


FIG. 5. — Le rythme des sorties dépend de l'état de réchauffement du sol. Les départs n'ont pas lieu si le sol est recouvert d'eau (voir fig. 7).

une forte insolation (températures maxima sous abri à 2 mètres respectivement de 12° le 28 avril, puis de 14,5, 22 et 24°5), a provoqué une brusque sortie dès le 30 avril. L'échelonnement des départs a d'ailleurs varié selon l'exposition. Les premiers ont été observés dans les terrains

en pente (groupe V) qui se sont rapidement vidés de leurs insectes. Par contre, les prés humides ont été plus lents à démarrer et les envols y ont duré 25 jours au lieu de 15. La même année à Rouffach, le sol beaucoup plus léger a permis un départ mieux groupé ; dans la partie irriguée les bêtes gênées par l'eau pendant quelques jours, sont parties avec un peu de retard et presque toutes en même temps (tableau I) (fig. 4 et 5).

De même en 1953, les fortes chaleurs d'avril ont provoqué en Alsace quelques déplacements précoces en plaine dès les 11 et 12, avant le débourrement des chênes. Après un arrêt de quelques jours par suite d'un abaissement de la température, la reprise a été brusque et rapide à partir des 18 et 19. A Riedwihr 90 p. 100 des insectes avaient pris leur envol au bout de 6 jours. A Rouffach le même résultat a été obtenu en 8 jours. Les départs ont été plus tardifs dans les terres lourdes du Sundgau où ils ont commencé seulement le 20 avril. Ils ont continué sans interruption pendant une dizaine de jours grâce à la persistance du beau temps (tableau I) (fig. 6 et 7).

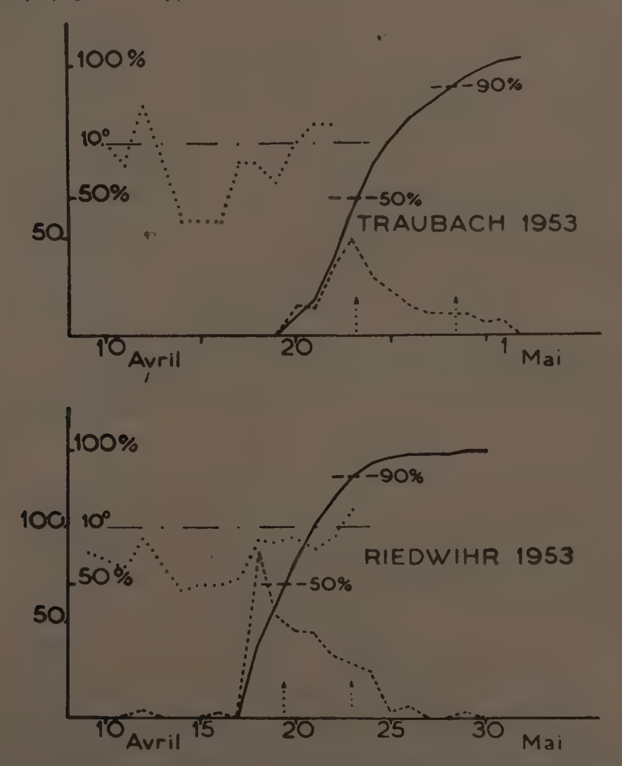


FIG. 6. — Le rythme des sorties dépend de l'état de réchauffement du sol. En 1953, les chaleurs d'avril ont provoqué des envols 10 à 15 jours plus tôt qu'en 1950 (voir fig. 5 et 6) (en pointillé température du sol à 10 cm de profondeur).

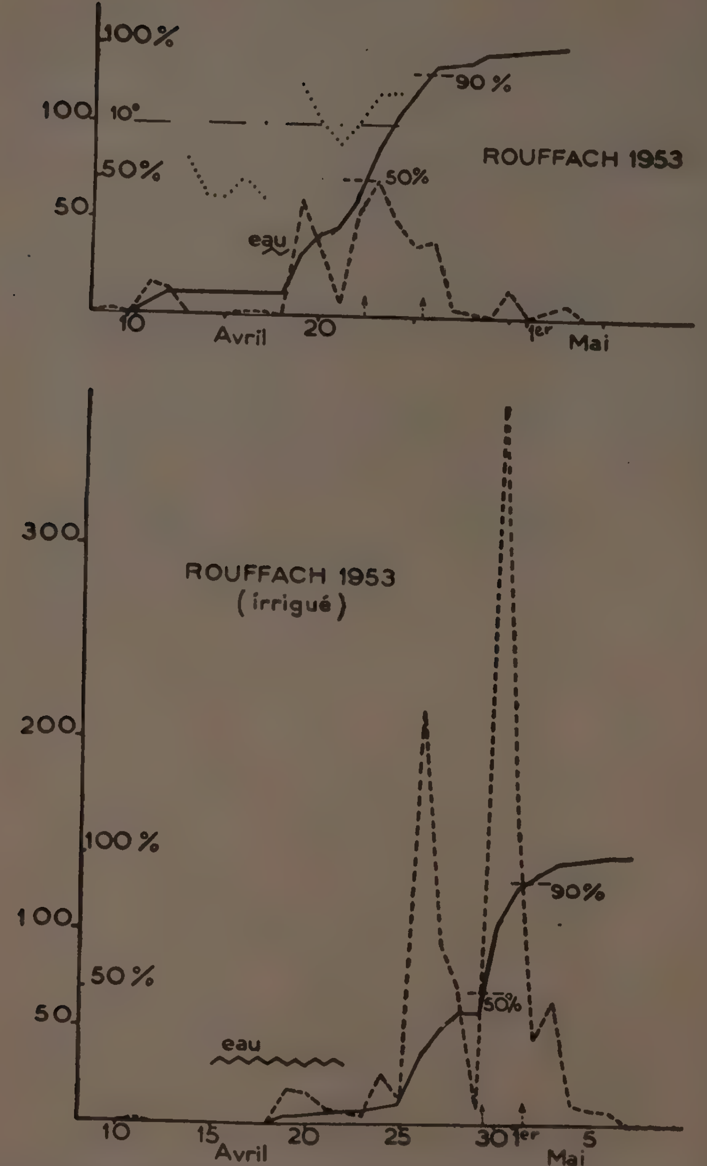


FIG. 7. — Le rythme des sorties dépend de l'état de réchauffement du sol. Les départs sont arrêtés par une baisse de la température et par l'eau (voir fig. 5) (en pointillé température du sol à 10 cm de profondeur).

TABLEAU I

Echelonnement des sorties des Hannetons en 1950 et 1953 selon la nature du sol et l'exposition des prés (*voir fig. 3, 4, 5, 6*)

Localités	Nature du sol	Situation	Début du vol	Délai nécessaire (en jours) au départ de 50 %	Délai nécessaire (en jours) au départ de 90 %
		1950			
Traubach	sol lourd argileux	pente N.-W. (groupe V)	30.IV	3	9
Traubach	sol lourd argileux	terrasse (groupe I)	30.IV	9	18
Traubach	terre noire sous-sol imperméable	fond de vallée (groupe VIII)	1.V	10	16
Rouffach	alluvions récentes légères sur cailloutis rhénan très perméable	plaine non irriguée	29.IV	2	8
Rouffach		plaine irriguée	3.V	3	6
		1953			
Traubach		terrasse	20.IV	4	9
Rouffach		plaine peu irriguée	11 et 19.IV	4 (+ 8)	8 (+ 8)
Rouffach		plaine bien irriguée	19 et 24.IV	7 (+ 5)	9 (+ 5)
Riedwihr	terre noire	plaine inondable	12 et 18.IV	2,5(+ 6)	6 (+ 6)

Comme le montrent ces quelques exemples, l'échelonnement des envols dépend essentiellement des facteurs climatériques auxquels se superposent toutes les interactions d'ordre local susceptibles d'influencer la vitesse de réchauffement des terrains où se trouvent les Hannetons : humidité, nature du sol, exposition, etc...

Dans les conditions les plus favorables, les insectes se seront tous envolés au bout d'une dizaine de jours, mais cela peut se prolonger pendant plus de trois semaines en cas de mauvais temps.

2° Durée de la vie aérienne et pontes

La durée de la vie aérienne des Hannetons est très variable. En 1950, près de Dannemarie (Haut-Rhin), les tout premiers vols de ponte ont débuté le 11 mai, soit 11 jours après les arrivées. Ils ont augmenté progressivement jusqu'au 15 et au 16, nouvelle reprise très forte le 19 mai. Le vol tardif du 24 fut encore assez important. Le premier vol de seconde ponte fut observé le 29. D'importance moyenne, il s'est produit 13 jours après les premiers retours sur les lisières. A partir de cette date les vols crépusculaires sont devenus faibles, avec une légère augmentation les 5 et 10 juin. Des mouvements ont cependant été constatés dans les deux sens jusqu'à la mi-juin, quoique réduits, ils témoignent de l'activité des

Hannetons dont les pontes successives se sont échelonnées tout au cours de ce mois.

La même année, à Rouffach (Haut-Rhin), les pontes commencèrent le 9 mai, 10 jours après les venues en forêt ; les plus fortes furent notées les 10, 11, 13 et 22 mai. Toujours à Rouffach, mais le cycle suivant en 1953, les premières pontes furent observées le 26 avril à cause de la lente évolution des femelles arrivées dès le 11. Les gros départs du 1er au 6 mai correspondaient aux fortes venues en forêt effectuées 10 à 12 jours plus tôt (21-24 avril). Après quelques journées de froid les pontes devinrent intenses du 11 au 15. Le 16 on notait à la fois des départs et des arrivées importants. Les pontes se sont encore poursuivies jusqu'à la fin de juin.

Au cours de la campagne de 1953, nous avons essayé de préciser l'amplitude des variations constatées dans les conditions naturelles en soumettant un certain nombre de couples à diverses températures constantes.

L'élevage de Hannetons adultes (dans le but de vérifier l'hypothèse de pontes multiples) a le plus souvent été entrepris à la température du laboratoire. RASPAIL (1896) montrait sur un petit nombre de femelles la possibilité de trois et même de quatre pontes. SCHUCH (K.) (1938) vérifiait, lui aussi, cette hypothèse ; il obtenait les premiers œufs en 9-20 jours, les deuxièmes en 7-18 jours, les troisièmes en 6-10 jours, les quatrièmes en 10-16 jours. SCHWERDTFEGER (1928) constata qu'à 8° les Hannetons ne s'alimentaient pas, il n'en est résulté aucun début de développement des ovocytes. Le même auteur, à une température de 16°, récolte les premières pontes 18 à 37 jours après l'accouplement et SACHTLEBEN (in SCHWERDTFEGER, 1928) à une température moyenne de 20°, 14-18 jours après la rencontre des sexes. ROBERT (1951) obtenait, au laboratoire, la deuxième ponte 12 à 28 jours après la première.

Les insectes étudiés à Colmar avaient été capturés à Rouffach, dès leur sortie du sol, à l'aide de filets couvrant chacun 15 m² de pré ; ils ont été mis en élevage le lendemain. Chaque couple était enfermé dans un dispositif constitué par un pot rempli de terre, coiffé par un verre de lampe tempête, fermé par du tissu. La nourriture se composait de jeunes pousses d'Erable sycomore (*Acer pseudoplatanus* L.) renouvelées tous les 2 jours.

Les dispositifs étaient répartis dans diverses étuves réglées à : 15°, 20°, 25 et 27°. La terre était tamisée tous les 2 ou 3 jours pour rechercher les œufs.

La durée de croissance des ovocytes correspond pour la 1re ponte au temps écoulé entre le vol préalimentaire et l'expulsion des œufs, pour la 2e ponte à celui compris entre les récoltes de la 1re et de la 2e ponte, etc...

1re) 20 couples sortis de terre les 20 et 21 avril 1953 ont été soumis à 15° $\pm$ 0,5° ; les insectes étaient éclairés 12 heures par jour par deux

lampes fluorescentes émettant un ensemble de radiations lumineuses presque identiques au spectre solaire.

16 femelles ont déposé une première ponte 19 à 56 jours après la sortie du sol, 5 une seconde ponte de 23 à 32 jours après la première. Il n'y a pas eu de troisième ponte (tableau II).

TABLEAU II

Expérience à 15°

N° des ♀	1re Ponte		2e Ponte		Longévité
	Durée de développement	Nombre d'œufs	Durée de développement	Nombre d'œufs	
1	19 jours	14 œufs	23 jours	11 œufs	53 jours
2	21 —	29 —	26 —	24 —	53 —
3	23 —	24 —	33 —	5 —	63 —
4	24 —	15 —			36 —
5	25 —	15 —			59 —
6	27 —	22 —			79 —
7	28 —	18 —			63 —
8	28 —	22 —			36 —
9	29 —	25 —	23 —	11 —	88 —
10	30 —	23 —			36 —
11	30 —	28 —			48 —
12	36 —	17 —	32 —	4 —	68 —
13	36 —	22 —	32 —	17 —	84 —
14	42 —	9 —			72 —
15	47 —	22 —			68 —
16	56 —	9 —			56 —
17					66 —
18					56 —
19					68 —
20					39 —
Valeur extrême	19-56	9-29	23-33	4-24	36-88
Valeur moyenne	30,6	19,6	29	12	59,5

2e) 10 couples sortis de terre le 19 avril ont été maintenus à 20° ± 1° dans une étuve vitrée sur 4 faces, soumise à l'éclairage naturel du jour.

8 premières pontes ont été récoltées 15 à 31 jours après la capture des insectes, 6 secondes pontes de 11 à 14 jours après la première, une seule troisième ponte a été constatée (tableau III).

3e) 10 couples sortis de terre le 19 avril ont été maintenus à 25° ± 1° dans une étuve vitrée sur une face et éclairée par la lumière du jour.

8 femelles ont déposé une première ponte, 5 ont pondu une deuxième fois des œufs, 1 seule a pondu 3 fois.

La maturation des œufs de la femelle 1 a été très rapide pour la première ponte (7 jours) et excessivement longue pour la deuxième (24 jours), il semble difficile d'expliquer ce cas.

Chez les autres la maturation des œufs s'est faite en 13-37 jours pour la première ponte et en 6-9 jours pour la deuxième ponte (tableau IV).

4e) 10 couples sortis de terre le 20 avril ont été portés à T = 27° ± 1°.

Tableau III

Expérience à 20°

N° des ♀	*1re Ponte*		*2e Ponte*		*3e Ponte*		Longévité
	Durée de développement	Nombre d'œufs	Durée de développement	Nombre d'œufs	Durée de développement	Nombre d'œufs	
1..........	15 jours	7 œufs	12 jours	5 œufs			29 jours
2..........	18 —	22 —					46 —
3..........	18 —	22 —	11 —	17 —			48 —
4..........	18 —	23 —	11 —	23 —	8 jours	8 œufs	46 —
5..........	18 —	24 —					26 —
6..........	24 —	20 —	14 —	19 —			60 —
7..........	26 —	22 —	12 —	12 —			54 —
8..........	31 —	17 —	13 —	14 —			48 —
9..........							38 —
10..........							9 —
Valeur extrême...	15-31	7-24	11-14	5-23			9-54
Valeur ...... moyenne ..	19,7	19,6	12,1	15,2			40,5

Tableau IV

Expérience à 25°

N° des ♀	*1re Ponte*		*2e Ponte*		*3e Ponte*		Longévité
	Durée de développement	Nombre d'œufs	Durée de développement	Nombre d'œufs	Durée de développement	Nombre d'œufs	
1..........	7 jours	17 œufs	24 jours	16 œufs			34 jours
2..........	13 —	19 —	9 —	18 —	9 jours	13 œufs	43 —
3..........	20 —	18 —	9 —	17 —			43 —
4..........	20 —	21 —	6 —	20 —			28 —
5..........	22 —	21 —	7 —	18 —			43 —
6..........	22 —	23 —					19 —
7..........	30 —	12 —					43 —
8..........	37 —	17 —					43 —
9..........							14 —
10..........							10 —
Valeur extrême...	(7) 13-37	17-23	6-9	16-20			10-43
moyenne..	23,4	18,5					
moyenne..	23,4	18,5	7,7	18,2			32

La température élevée entretenait une activité inhabituelle chez les insectes.

8 premières pontes ont été recueillies 12 à 21 jours après la récolte des femelles. 5 deuxièmes pontes 5 à 8 jours après les premières. Une seule troisième ponte a été observée (tableau V).

TABLEAU V

Expérience à 27°

N° des ♀	1re Ponte		2e Ponte		3e Ponte		Longévité
	Durée de développement	Nombre d'œufs	Durée de développement	Nombre d'œufs	Durée de développement	Nombre d'œufs	
1..........	12 jours	11 œufs	7 jours	5 œufs			31 jours
2..........	12 —	16 —	5 —	12 —			18 —
3..........	12 —	19 —	5 —	17 —	5 jours	17 œufs	34 —
4..........	14 —	14 —					16 —
5..........	17 —	8 —	8 —	20 —			31 —
6..........	17 —	14 —					23 —
7..........	17 —	20 —	8 —	11 —			37 —
8..........	21 —	19 —					37 —
9..........							7 —
10..........							7 —
Valeur extrême...	12-21	8-20	5-8	5-20			7-37
Valeur moyenne..	15,2	15,1	6,6	13			26,1

Ces élevages mettent en évidence, dans une même expérience, des durées très variables de la croissance des ovocytes pour la première ponte ; cette durée va du simple au triple à 15° (de 17 à 56 jours) et à 25° (de 13 à 37 jours), du simple au double à 20° (15 à 31 jours) et à 27° (12 à 21 jours).

Au contraire, le développement de la deuxième ponte s'est effectué, dans chaque essai, en des temps très voisins. A 15° la durée de développement oscille entre 23 et 32 jours ; à 20° entre 11 et 14 jours ; à 25° entre 6 et 9 jours et à 27° entre 5 et 8 jours. Le nombre des œufs expulsés par une femelle ne semble pas avoir d'influence sur le temps qui sépare la première de la deuxième ponte.

Ainsi que l'on pouvait le prévoir, les durées moyennes de croissance des œufs pour les premières et les deuxièmes pontes diminuent quand la température augmente. Ce phénomène est régulier pour les deuxièmes pontes (fig. 8), mais pour les premières l'élevage à 25° présente une anomalie. Si l'on excepte la femelle n° 1, les temps mis par les pondeuses pour expulser leurs œufs sont plus longs que ceux observés à 20°. La moyenne passe de 19,7 jours à 20°, à 23,4 jours à 25°. On pourrait penser à un phénomène de dépression dû à la chaleur si ce caractère se maintenait au moment de la deuxième ponte et si à 27° des troubles voisins avaient été observés. Les élevages ont montré la grande hétérogénéité de la durée de maturation des premières pontes suivant les individus. Nos expériences portent sur un très petit nombre d'insectes. On peut penser que la majorité des bêtes utilisées dans l'expérience 3 présentaient des vitesses faibles pour la croissance des ovocytes.

Dans chaque série les bêtes étaient mises en élevage dans des conditions identiques. Les différences sensibles de comportement observées

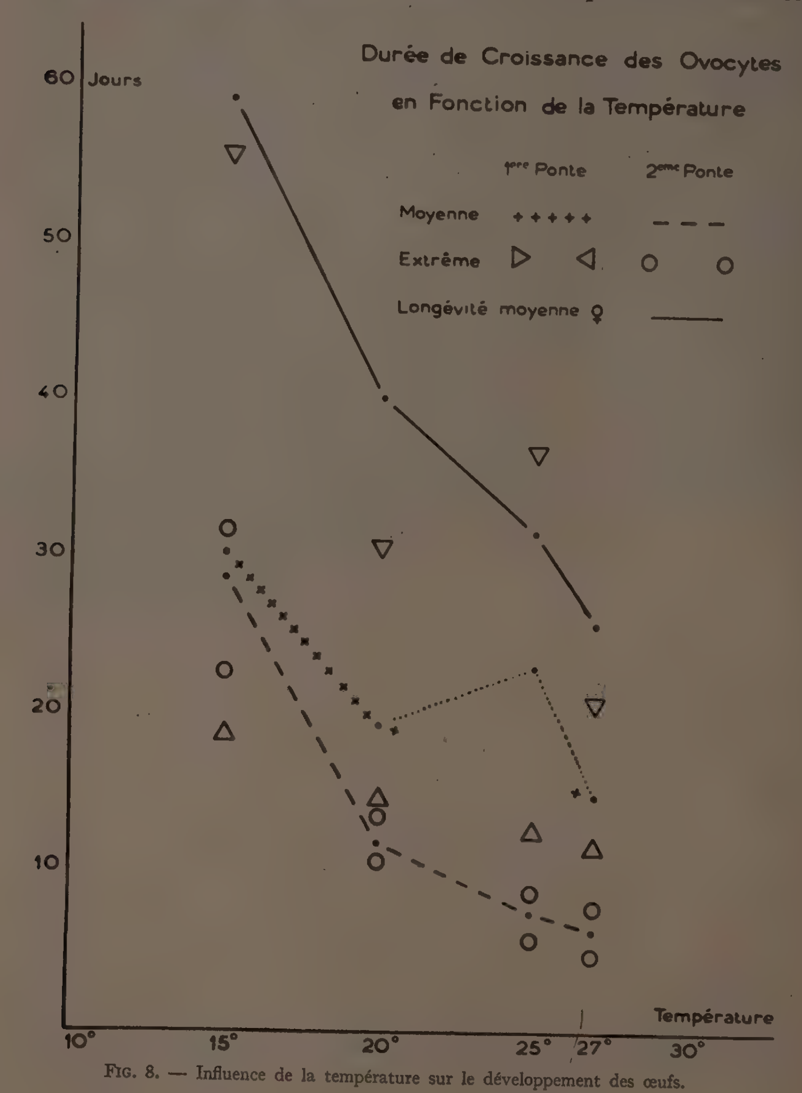


FIG. 8. — Influence de la température sur le développement des œufs.

au moment de la première ponte sont donc liées à des caractères soit propres à l'individu, soit dépendants de la vie antérieure de la femelle. Il semble logique de penser que les premiers agiraient de la même façon au cours des différentes phases de l'activité des ovaires. Or, l'examen

des tableaux II à V montre qu'à une première période de croissance longue peut succéder une deuxième période courte et inversement.

La vie antérieure de l'insecte a, sans doute, une influence sur l'état physiologique. D'après HURPIN (1953), après la nymphose l'adulte présente une diapause au cours de laquelle les ovocytes se développent dans chaque ovariole. La diapause est rompue lorsque l'ovaire comporte 5 à 6 ovocytes dans chaque gaine ovarique, le plus âgé d'entre eux ayant 1,4 mm de long et 0,8 mm de diamètre. La reprise d'activité de certains insectes peut se faire dès le mois de février, mais les adultes demeurent dans le sol jusqu'aux premières chaleurs du printemps. Cependant l'activité de l'ovaire se poursuit très lentement. Au moment des sorties certaines femelles remontées les premières doivent attendre des conditions d'envol favorables un certain temps à la surface du sol ; elles effectuent leur vol préalimentaire en même temps que d'autres bêtes remontées le jour de l'envol. Elles peuvent ainsi avoir atteint un stade physiologique (peut-être d'ordre hormonal) qui leur permet d'assurer une croissance rapide des ovocytes dès la prise de nourriture. D'autres, au contraire, pourraient se trouver retardées comme étant sorties seulement depuis peu de la diapause, au moment de l'envol. Il y aurait ainsi un *échelonnement important des pontes dans le temps, indépendant des conditions climatiques de la saison.*

Pendant la première période de croissance 2 ou 3 œufs arrivent à maturité par ovariole et les ovocytes supérieurs ne se développent pas. Après l'évacuation des œufs mûrs, ils descendent dans l'ovariole et commencent leur accroissement (VOGEL 1950). Les *femelles après la ponte se trouveraient toutes dans un état physiologique comparable.* Dans les élevages à températures constantes, le développement des deuxièmes pontes en des temps voisins dans chaque expérience traduirait ce phénomène.

Importance des pontes. — 80 p. 100 des femelles ont déposé une première ponte dans toutes les séries. A 15°, 30 p. 100 seulement ont pondu une deuxième fois, tandis que dans les trois autres expériences 50 p. 100 des bêtes ont déposé une deuxième ponte. Il n'y a pas eu de troisième ponte à 15°, tandis que l'on en compte une partout ailleurs.

L'importance de la première ponte est comparable dans les différents élevages, avec une diminution à 27°. Les moyennes sont de 19,6 œufs à 15° et à 20° ; 18,5 œufs à 25° et 15,1 œufs à 27°.

A 15°, où la population des femelles ayant déposé des œufs une deuxième fois a été la plus basse, la quantité d'œufs mûris pour cette deuxième ponte a été aussi la plus faible (moyenne 12 œufs). A 20°, 25°, 27° les moyennes sont respectivement 15,2 œufs, 17,8 œufs et 13 œufs, chiffres assez importants comparés à ceux de la première ponte.

Le nombre des œufs est plus faible que celui obtenu par d'autres auteurs. SCHUCH (1938) a récolté pour la première ponte une moyenne de 28,8 œufs, pour la deuxième 21,8 et 18,8 pour la troisième ponte. Dans nos élevages en 1950 les femelles avaient déposé en moyenne 25 œufs pour la première ponte et 12 œufs pour la deuxième.

La faible importance des pontes doit être due aux conditions d'élevage, en particulier à la nourriture qui a toujours été constituée par de l'érable.

Les différentes températures auxquelles les femelles étaient soumises ne semblent pas avoir d'influence sur le nombre d'œufs déposés, en particulier pour les premières pontes. On a noté cependant une diminution à 27°.

Longévité. — La longévité des femelles étudiées ici est le temps compris entre la première sortie hors du sol et la mort de l'insecte.

L'influence de la chaleur a été très sensible (tableau II à V). La durée de vie moyenne très longue à 15° : 59,5 jours, s'abaisse rapidement à 40,5 jours à 20°, 32 jours à 25° et 26,1 jours à 27°. Les chiffres extrêmes relevés : 36-88 jours à 15°, 9-54 jours à 20°, 10-43 jours à 25°, 7-37 jours à 27° indiquent aussi nettement la diminution de vie du Hanneton.

Les femelles qui ont vécu le plus longtemps sont celles qui ont mûri 2 ou 3 pontes. Celles qui sont restées stériles sont généralement mortes rapidement : femelle N° 10 à 15°, N° 9 et 10 à 25°, N° 9 et 10 à 27°. Cependant la femelle N° 9 à 20° et les femelles N° 17, 18, 19 à 15° ont présenté des durées de vie proches ou supérieures à la moyenne.

Ces expériences, faites à partir d'individus ayant quitté le sol presque au même endroit, révèlent une très grande hétérogénéité de la population. Le phénomène a sans doute été accentué par les conditions d'élevage mais il n'en résulte pas moins qu'il faut en tenir compte dans la nature.

Au moment du vol préalimentaire l'état physiologique de la femelle serait sous l'influence de la vie antérieure de l'insecte et paraît varier d'un individu à l'autre. Ces différences entraînent des temps de maturation des œufs et de séjour en forêt très inégaux. Au contraire, après la première ponte, les bêtes se trouveraient dans un état identique permettant des vitesses d'accroissement des ovocytes voisines.

Les mères restent au moins 48 heures dans le sol avant d'expulser leurs œufs. La durée de la vie aérienne avant la première ponte se trouve ainsi réduite à moins de 15 jours pour une importante fraction de la population. Certains individus sont cependant susceptibles de s'en aller déjà au bout d'une dizaine de jours.

Les pontes successives (parfois 4 pour une même femelle) déterminent de nombreuses allées et venues d'insectes qui peuvent se prolonger tard dans la saison.

3° Températures minimales

Vols d'arrivée en forêt. — F. SCHNEIDER a observé un *vol préalimentaire* en Suisse à la température de 8° à 20 heures (Sulgen, Turgau, 27 avril 1952).

Dans les exemples qui viennent le vol a toujours été dirigé d'ouest en est :

A 6° à 20 h, humidité : 88 p. 100, par ciel nuageux nébulosité : 6/10e, nous avons suivi un *vol de retour* en forêt après une première ponte. Il était relativement important et d'allure lente, les insectes se maintenaient assez bas à 0,50 m du sol environ. Les départs ont commencé à 19 h 51, on comptait déjà 70 Hannetons à la minute à 20 h (1), puis une densité supérieure à 100 H/m à 20 h 05, celle-ci se maintenait à 80 H/m à 20 h 10 (température à + 5 cm du sol : 3°). On trouvait encore 25 H/m à 20 h 20 pour une température de 4,9°. Les arrivées se sont terminées à 20 h 30. Contrairement aux jours précédents, il ne s'est manifesté aucune activité sur les arbres, ni aucun vol de ponte (Rouffach (Haut-Rhin), 7 mai 1953).

A 4,9° à 20 h il a été compté jusqu'à 10 H/m donnant un vol lent et bas (Rouffach, 10 mai 1953).

A 4,7° à 20 h avec une température au sol de 1,4°, on a observé encore 12 H/m ; il y avait en outre quelques départs isolés de pondeuses (Rouffach, 8 mai 1953).

Après une forte gelée matinale et une journée ensoleillée mais froide, la température de l'air était seulement de 5,4° à 20 h. Les premières arrivées sont notées à 20 h 25 à 4,6° avec une humidité de 85, elles sont faibles mais cependant observables et constituent un *vol préalimentaire réel*. Elles ont atteint une densité maximum de 13 H/m à 20 h 31, c'est-à-dire à peu près à la même heure que lors des grands vols des jours précédents. Le vol se termine à 20 h 45. L'heure plus tardive des arrivées en lisière peut être attribuée à la faible vitesse de progression des Hannetons (Genlis (Côte-d'Or), 30 avril 1951).

Pour les vols d'arrivée en forêt (préalimentaire et de retour), la température limite inférieure est donc plus basse qu'on ne le pensait jusqu'à présent (GASSER (R.) et WIESMANN (R.) 1950), elle se situe au voisinage de 4°C.

Vols de ponte. — A Rouffach en 1953 des vols de ponte importants eurent lieu dans les premiers jours de mai, ils furent stoppés le 7 par

(1) Ce chiffre indique le nombre d'individus apparus dans le champ visuel d'un observateur pendant une minute. Il donne une idée approximative de la densité d'un vol. Le comptage devient difficile au-dessus de 100. Un vol très dense correspond au passage de 300 à 500 Hannetons à la minute. Il faut tenir compte aussi de la largeur du front d'arrivée des insectes : dans les très gros foyers, comme à Rouffach en 1953, il s'étale sur plusieurs centaines de mètres de lisière.

suite de l'abaissement de la température de l'air ($t = 6^o$ à 20 h). Ils reprirent seulement lorsque la température s'éleva *au-dessus de 10°* (aucune activité le 9 mai avec $t = 8{,}5^o$). Le 11 lorsque $t = 11{,}1^o$ à 19 h 30 on put assister à de nouveaux départs, ceux-ci devinrent rapidement très forts avec une densité de beaucoup supérieure à 100 H/m de 19 h 57 à 20 h 10. Les envols n'étaient pas encore terminés à 20 h 25 quoique la température se soit abaissée à 7,2°. Ils ont pris fin à 20 h 30.

B) INFLUENCE DU MILIEU (environnement)

Le comportement des insectes peut présenter quelques variantes dues à des circonstances particulières. Leur analyse permet de mieux comprendre le curieux phénomène des vols crépusculaires.

1° Vols d'arrivée en forêt

a) Nature du site attractif

RELIEF. — Comme nous l'avons signalé, le vol crépusculaire, qui s'effectue à partir de la plaine, est caractérisé par la recherche d'une masse sombre bien délimitée. Un ensemble quelconque peut présenter une action attractive, même s'il ne s'agit pas d'une forêt. F. SCHNEIDER (1952) a observé en Suisse des Hannetons attirés par un relief accusé se détachant bien sur le fond du ciel et consistant simplement en une butte herbeuse sans arbres ni buissons. En outre, s'il se présente plusieurs silhouettes visibles en même temps, cet auteur a montré que les insectes se dirigeaient vers celle qui paraît être la plus haute au-dessus de l'horizon (d'où le terme de *hypsotactisme*). Il est même possible de reconnaître sur le terrain une ligne de séparation où l'on voit les deux cimes sous le même angle et de part et d'autre de laquelle les Coléoptères prennent deux directions opposées (¹). Souvent en ces lieux, les bestioles hésitent et décrivent de vastes orbes avant de s'engager dans un sens déterminé. Toutefois, les *Melolontha* ne seraient pas influencés par des formes situées au-delà de 3 200 m environ (SCHNEIDER 1952).

NEU (1939, 1941) avait déjà observé en bordure de la vallée du Rhin, près de Darmstadt, des rassemblements sur de petits bosquets perchés au sommet de collines couvertes de vignes, cela constituait pour lui de véritables pièges à Hannetons.

Il nous a été possible de constater un phénomène analogue près d'Epernay en Champagne au cours du vol de 1952 (COUTURIER 1953).

(¹) A l'aide d'un goniomètre simple SCHNEIDER (1953) mesure l'angle sous lequel on voit différentes silhouettes. Il détermine de cette manière les lignes de séparation des aires drainées par celles-ci et cela lui permet d'évaluer d'avance, approximativement, l'importance relative des lieux de concentrations des Hannetons, ce qui est d'un très grand intérêt pratique.

Le vignoble de Mareuil s/Ay (Marne) s'étage jusqu'au sommet d'une butte qui s'élève de 70 mètres au-dessus des prés de la Marne et sur laquelle il ne se trouve aucun arbre. Beaucoup d'insectes se sont portés sur les peupliers bordant les prés mais, dès le début, d'autres sont allés jusqu'au point le plus élevé du coteau. Le 19 avril à 16 heures on y comptait déjà 5 Coléoptères par cep (il n'y avait encore que trois feuilles étalées). Le soir, malgré un vent contraire assez violent (140 mètres à la minute), on voyait les *Melolontha* qui remontaient la pente pour atteindre le point culminant où ils s'abattaient sur les vignes. Le 11 mai le feuillage était entièrement dévoré au sommet du vignoble ; aucun insecte ne se rencontrait en dehors de cet endroit (sauf quelques isolés sur une crête secondaire), il s'agissait à cette époque à la fois de femelles prêtes à pondre et d'autres qui, ayant déjà déposé des œufs, étaient aussi montées.

Selon les dires des viticulteurs, le coteau de Mareuil a déjà été la proie des Hannetons en 1937 et, comme en 1952, ceux-ci étaient presque tous localisés au pied de la statue qui domine la colline ; vers cette époque les prés de la Marne avaient présenté des taches atteignant $^1/_2$ hectare où la végétation se trouvait totalement détruite.

Fort heureusement, dans la généralité du vignoble de Champagne (Montagne de Reims, vallée de la Marne, Côte des Blancs), le pôle attractif est constitué par les lisières des forêts qui occupent le rebord du plateau de Brie. Les plantations situées en contre-bas, à mi-pente de la Côte de l'Ile-de-France, n'ont guère à souffrir des Hannetons venus de la plaine crayeuse.

Götz rapporte une observation comparable faite en 1953 sur une colline couverte de vignes près de Fribourg en Brisgau. Les Hannetons étaient les plus nombreux au sommet de la butte.

En Alsace, le foyer de Rouffach est situé trop loin (4 km) de la montagne des Vosges, dont la silhouette se détache pourtant bien sur le couchant, les Hannetons se dirigent tous vers une lisière forestière située à un ou deux kilomètres de leur point de départ (Robert 1953).

Résineux. — Les Conifères, quoique peu et difficilement consommés par les Hannetons, sont au moins aussi attractifs que les autres essences forestières, leur présence peut provoquer la formation de rassemblements importants. F. Schneider (1952) l'a déjà signalé.

Nous avons observé en 1949 dans les Vosges une très forte concentration sur un angle de forêt dont la lisière nord-est était constituée par une double rangée de grands Epicea et dont la face sud présentait un bosquet de Frênes non attaqués ; tous ces arbres masquaient des Chênes et des Hêtres complètement dévorés sur une grande profondeur. Les arrivées et les départs se faisaient principalement par l'est, les insectes traversaient le rideau de résineux pour aller s'en prendre aux essences

préférentielles cachées derrière (bois de l'Effût à Lamarche, mai 1949) (fig. 9).



FIG. 9. — Ce rideau d'Epicea a constitué un gros centre attractif (bois de l'Effût près de Lamarche (Vosges), mai 1949) (voir fig. 11). (*Cliché A. Couturier.*)

Dans la région de Beauvais, en 1951, un bosquet de pins placé à 50 mètres en avant d'un taillis composé de noisetiers, merisiers, bouleaux, etc... provoquait la venue des Hannetons. Ceux-ci ne se posaient pas sur les conifères mais continuaient leur vol jusqu'aux feuillus situés au-delà (bois de Nivillers (Oise), 9 mai 1951) (fig. 10).



FIG. 10. — Les Hannetons se sont portés sur les feuillus situés derrière un rideau de pins qui les ont attirés (bois de Nivillers près de Beauvais (Oise), mai 1951). (*Cliché A. Couturier.*)

Près de Chaumont, les Hannetons étaient nombreux au fond d'un redan en raison de la localisation de grands pins en cet endroit, les quelques chênes situés à leur voisinage immédiat étaient sévèrement attaqués (bois de Jonchery (Haute-Marne), 5 juin 1951).

Aux environs d'Attigny un groupe de pins se trouvant à l'extrémité d'une grande pâture faisait venir à lui beaucoup d'insectes qui finissaient par se poser sur un chêne placé un peu en avant (ferme de Beaumont (Ardennes), mai 1952).

Les résineux ont toujours une teinte beaucoup plus foncée que les feuillus, cette différence est encore plus marquée au printemps où le vert tendre des chênes ou des hêtres accentue le contraste. Cependant, au moment des vols d'arrivée en forêt, l'éclairement est trop faible pour que l'œil humain puisse percevoir une différence, il est probable qu'interviennent alors d'autres longueurs d'ondes pour lesquelles les Hannetons se montreraient sensibles.

Bords de forêts. — En plaine, il est remarquable de constater que les insectes sont généralement en petit nombre au milieu d'une lisière rectiligne, ils se concentrent toujours sur les bords ou les avancées des massifs forestiers. Les observations ne manquent pas à ce sujet et il est même possible de déterminer à l'avance sur une carte les lieux de rassemblement : Sarrebourg 1949 (Gasser (R.) et Wiesmann (R.) 1950), Monthureux 1949 (Couturier (A.), Robert (P.), etc... 1949), Dannemarie 1950 (Couturier (A.) et Hurpin (B.) 1951) (fig. 1), Rouffach 1950 et 1953 (Robert (P.) 1953), région de Dijon (1951 et 1954), etc...

Le rebord vertical d'une silhouette exerce donc une attraction plus forte que sa limite horizontale.

b) Influence de l'état du ciel

Si la nébulosité est faible, les vols se déroulent normalement selon les règles que nous venons de préciser.

Un nuage sombre placé au-dessus d'un site habituellement préféré fait disparaître l'effet de contraste de ce lieu, et les insectes ne se dirigent plus vers lui mais vers un centre attractif différent. Des phénomènes de ce genre ont été mis en évidence en Suisse par Schneider à Altnau-Güttingen en Thurgovie.

Nous avons été à même de le remarquer également au cours d'expériences mettant en œuvre des nuages artificiels.

c) Gêne provoquée par le vent

Au cours des vols préalimentaires d'avril 1953, le vent s'est montré parfois assez violent à Rouffach pour gêner les insectes. Ceux-ci, se dirigeant vers une lisière située à l'est, avaient à lutter contre un courant

aérien soufflant du nord à la vitesse de 180 à 260 mètres à la minute, les 20 et 21 avril.

Le vent n'a pas empêché les vols qui furent très denses, mais les insectes restaient assez bas (à 1 mètre du sol environ), parfois certains tombaient dans l'herbe pour repartir peu après. Quelques Hannetons étaient déportés, la plupart arrivaient à conserver la même direction que celle observée les autres jours au même endroit en se plaçant de biais par rapport au vent. La résultante des forces en présence (vitesse du vent et celle de l'insecte) donnait la direction générale de la progression. SCHNEIDER (1952) a observé le même comportement en Suisse.

L'orientation de l'insecte demeure axiale tant que les conditions sont favorables, mais cette position peut être modifiée en vue de conserver au déplacement sa même direction vers un objectif déterminé.

2° Vols de ponte

SINUOSITÉ DES LISIÈRES. — En général, au départ, les Hannetons s'en vont perpendiculairement à la lisière lorsque celle-ci est rectiligne sur une assez grande longueur. F. SCHNEIDER signale également le phénomène.

Toutefois, au cours des vols de ponte observés en 1949 dans la zone témoin située sur le plateau appelé « Monts Faucilles » en bordure nord-est du secteur soumis au traitement par avion (opération de Monthureux), nous avions été frappés par l'orientation des femelles pondeuses qui, au sortir du bois de l'Effût, prenaient une direction oblique par rapport à la lisière.

Il s'agissait d'un taillis sous futaie (Hêtres et Chênes) dont la partie avancée bordée par quelques rangées d'Epicéa de grande taille, constituait un site où s'était rassemblé un très grand nombre de Hannetons (fig. 8).

La direction prise a sans doute plusieurs causes qui jouent d'ailleurs dans le même sens (fig. 11).

1° De nombreux individus sortaient perpendiculairement à une autre face regardant au nord-est mais, au bout d'une centaine de mètres, ils obliquaient vers le sud-est pour prendre à peu près la direction générale. Ce changement d'orientation tient probablement à la présence d'un autre bois (situé 500 mètres plus au nord) qui incitait les bêtes à modifier leur trajectoire car elles devaient tendre à s'en éloigner dès qu'elles l'apercevaient.

2° Un bosquet formait une pointe avancée au nord de la lisière de départ. Les femelles cherchaient à fuir à la fois les deux côtés de l'angle de la forêt. Elles réagissaient aux deux influences en prenant une direction intermédiaire qui doit être la résultante des forces répulsives auxquelles elles étaient soumises.

3° Enfin peu d'insectes quittaient le bord sud ; ils longeaient ce côté jusqu'à l'autre lisière où ils adoptaient alors approximativement cette même orientation générale. Celle-ci étant *orthogonale à l'ensemble du grand massif forestier.*

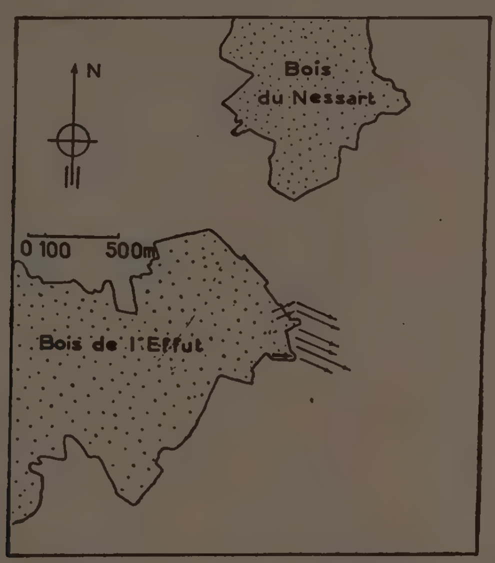


FIG. 11. — Au moment de la ponte les femelles ont quitté la forêt obliquement par rapport à la lisière par suite de la présence d'autres massifs (voir fig. 9).

A Rouffach en 1953, à la corne sud, les Hannetons qui sortaient par la face exposée au sud-ouest se dirigeaient franchement vers l'ouest pour s'éloigner des régions boisées se succédant sans interruption du nord au sud.

Au moment de la ponte, les femelles cherchent à s'éloigner le plus rapidement possible des bois, généralement elles s'en vont perpendiculairement à la lisière, mais parfois d'autres ensembles boisés les obligent à prendre une autre direction.

III. — RECHERCHES EXPÉRIMENTALES A L'AIDE D'ÉCRANS DE FUMÉE

Une nouvelle série d'essais à l'aide de rideaux de fumée artificielle a été entreprise au sud de Colmar, dans la plaine d'Alsace, auprès du foyer simple de Rouffach (Haut-Rhin) où les insectes étaient extrêmement abondants au printemps 1953 (régime III).

Comme en 1951 à Genlis (Côte-d'Or) (COUTURIER (A.) et ROBERT (P.) 1951), le matériel employé consistait en pots fumigènes provenant

des surplus américains. Nous avons utilisé uniquement le gros modèle de 15 kg qui brûle pendant 15 à 20 minutes en produisant un brouillard assez dense de teinte blanchâtre. Le vent le plus favorable à ce genre d'expérience est celui dont la vitesse se situe entre 80 et 100 mètres à la minute car il permet d'obtenir un nuage de 5 à 8 mètres de haut, de 20 à 30 mètres d'épaisseur et dont la longueur peut atteindre 1 kilomètre. Si la vitesse est plus faible, la fumée a tendance à s'étaler en nappe ; au-dessus de 100 mètres elle est emportée rapidement sans avoir le temps de former écran. Les pots ont été placés de 90 à 600 mètres de la forêt au moment des vols préalimentaires et des vols de ponte [1].

Expérience N° 1 — 24 avril 1953.

Nébulosité 6/10e ; température de l'air : 12°6 ; humidité : 80 p. 100 ; vent faible Ouest, puis S.S.E., vitesse de l'ordre de 50 mètres environ à la minute.

19 h 50 : les premiers insectes allant vers la forêt, située à l'Est passent sur la voie ferrée (30 Hannetons à la minute).

19 h 55 : 100 H/mn. Mise en action d'un pot fumigène placé près de la voie ferrée, soit à 600 m à l'ouest de la lisière la plus proche.

20 h 05 : les Hannetons sont beaucoup moins abondants près du nuage. Dans la plaine certains vont directement vers le point d'émission, d'autres longent le nuage jusqu'à son origine où ils passent extrêmement nombreux (de l'ordre de 1 000 H/mn), puis ils se dirigent tous vers la forêt (vers l'Est).

A 300 m à l'ouest du brouillard les passages (en sens inverse vers les collines sous-vosgiennes et la montagne des Vosges), toujours faibles, sont un peu plus fréquents lorsque la lisière est complètement masquée.

20 h 07 : le vol commence à diminuer en intensité. Le vent tourne à l'Ouest et pousse la fumée jusque vers la forêt, le nuage atteint la lisière où il gêne les arrivées des Hannetons qui semblent désorientés.

20 h 10 : fin du vol.

20 h 13 : pot fumigène épuisé.

Expérience N° 2 — 2 mai 1953.

Toute la journée vent violent du Nord. A 17 h 30 un système nuageux donne un vent Est avec des variations fréquentes.

19 h 35 : quelques gouttes d'eau, ciel clair au couchant.

19 h 43 : $t = 19°6$; $h = 59$ p. 100. Début du vol de ponte.

19 h 52 : les pondeuses deviennent rapidement incomptables (200 à 300 H/mn).

[1] Nous adressons tous nos remerciements au Service des Ponts et Chaussées du Haut-Rhin et à la S.N.C.F. (Service d'Exploitation) pour l'obligeance avec laquelle ils nous ont prêté leur concours pour la signalisation des nappes fumigènes au moment des expériences.

19 h 55 : vent reprend du Nord très fort. Allumé deux pots fumigènes à 90 m à l'ouest de la lisière.

20 h : les femelles en arrivant auprès du rideau de fumée montent et passent au-dessus, puis elles continuent leur vol très haut (6 à 15 m) sans changer de direction. A 100 mètres à l'ouest du nuage les pondeuses sont encore assez élevées (4 à 8 m), certaines même plus haut, d'autres sont déjà redescendues. A 200 m on trouve encore des individus en altitude. Des femelles traversent parfois le brouillard en passant par les trous nombreux causés par les sautes de vent.

20 h 05 : légère diminution du vol de ponte dont le nombre reste toujours incomptable. Début des arrivées en forêt.

20 h 08 : les vols atteignent la même ampleur dans les deux sens (150 H/mn).

20 h 10 : à 300 m en avant de l'écran, les cimes des arbres sont visibles au-dessus du brouillard et les insectes venant de la plaine se dirigent d'abord vers cette lisière, puis, ils convergent vers le point de départ du nuage où ils passent en très grand nombre pour aller ensuite vers la forêt au point le plus proche. Ceux qui arrivent jusqu'au rideau de fumée ne le traversent pas, ils le longent soit vers le sud, soit vers le nord jusqu'à son point d'origine. De l'autre côté du nuage on n'observe aucune bête se dirigeant vers la forêt.

20 h 13 : fumée terminée. Le vol de ponte touche à sa fin, mais le vol préalimentaire reste encore très dense jusqu'à 20 h 18, il se terminera à 20 h 35.

Expérience N° 3 — 3 mai 1953.

19 h 30 : $t = 18°3$; $h = 59$ p. 100. Vent Nord assez fort (150 m/mn). Le vol commence de bonne heure.

19 h 45 : pondeuses déjà incomptables.

19 h 50 : vent Nord, 145 m/mn. Allumé pot fumigène à 140 m à l'ouest de la lisière. Le vent, pas trop violent, permet à la fumée de s'élever sans toutefois former un écran régulier. La direction du vol des femelles pondeuses n'est pas modifiée au départ de la forêt, mais lorsqu'elles arrivent près du nuage elles hésitent et parfois le traversent dans les endroits où il est peu dense. Dans la plupart des cas, lorsque le brouillard masque bien l'horizon, les pondeuses s'élèvent le long de l'obstacle et passent par-dessus, puis, sans changer de direction, elles restent encore quelque temps à 6 à 8 m de hauteur avant de redescendre peu à peu pour être à 1,50 m au-dessus du sol à 100 m du nuage.

20 h 04 : $t = 17°$; $h = 65$ p. 100. Vol de ponte toujours très fort. Début des arrivées. Les insectes longent l'écran, puis se dirigent vers la forêt.

20 h 05 : pot terminé.

20 h 08 : vent Nord (110 m/mn) irrégulier. Allumé un 2e pot fumigène à 250 m à l'ouest de la lisière, c'est-à-dire à 110 m à l'ouest du précédent.

20 h 14 : les vols de ponte continuent. Les femelles passent au-dessus de ce nouvel écran (fig. 12).

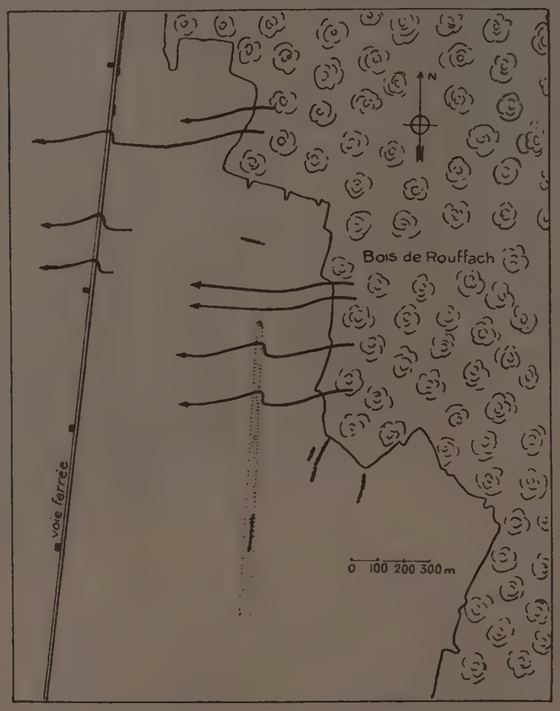


FIG. 12. — Réaction des femelles en vol de ponte en face d'un écran de fumée artificielle et au passage de la voie ferrée (Rouffach, mai 1953).

Les insectes qui se dirigent vers la forêt affluent vers le pot en suivant le rideau de fumée, malgré un vent contraire qui les gêne fortement.

20 h 20 : vent Nord, 100 m/mn. Vol de ponte presque terminé. Les insectes venant de la plaine et qui passent au point d'émission continuent à voler dans la même direction Sud-Nord, avant d'obliquer vers la forêt située à l'Est. Ils se dirigeaient donc d'abord vers une pointe forestière visible assez loin, puis débouchant au-delà du brouillard, aperçoivent la lisière la plus proche vers laquelle ils se rendent (fig. 13).

20 h 25 : 2e pot terminé.

20 h 28 : vol d'arrivée s'achève ; $t = 15^o1$; $h = 72$ p. 100.

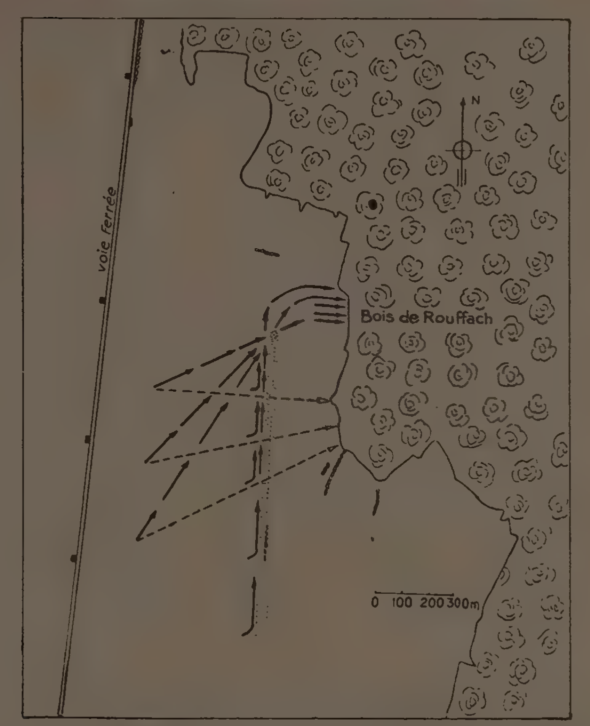


FIG. 13. — Réaction des Hannetons attirés par une lisière vis-à-vis d'un écran de fumée artificielle (en pointillé : trajectoire suivie avant la mise en place de l'écran, Rouffach, mai 1953).

EXPÉRIENCE N° 4 — 4 mai 1953.

19 h 35 : ciel légèrement nuageux. Vent Nord, 80 à 100 m/mn. Vol de ponte déjà commencé.

19 h 46 : vent Nord de l'ordre de 70 m/mn. Allumé pot fumigène à 350 m à l'ouest de la lisière. La fumée s'élève assez haut, mais elle reste environ à 1 m au-dessus du sol, sans doute à cause de l'accumulation d'air froid. Vol très dense. Les femelles montent très haut pour passer au-dessus du nuage (10 à 15 m). Elles restent assez longtemps en altitude et se retrouvent à hauteur d'homme seulement à 100 ou 130 m de l'écran. Il en est peu qui redescendent moins loin. Elles continuent toutes leur vol sans changer leur direction primitive. Il se forme derrière l'écran une zone protégée où les femelles ne s'arrêtent pas et où il y aura peu de pontes. Le nuage atteint 20 m de largeur, s'étalant un peu à la base avec parfois des trous. Plus les femelles sont montées haut, plus elles mettent de temps à descendre.

Le vol de ponte est intense et généralisé tout le long de la lisière.

20 h 05 : les premiers insectes venant de la plaine suivent l'écran,

mais, dès que la fumée a cessé, les autres vont directement vers la forêt.

Le vol de ponte n'est pas encore terminé.

Arrêt de la fumée.

EXPÉRIENCE N° 5 — 5 mai 1953.

19 h 45 : vent N.-N.W., 80 m/mn ; t = 12°7 ; h = 73 p. 100.

Quelques départs isolés pour la ponte.

19 h 49 : augmentation du vol (60 H/mn), mais l'allure est lente.

19 h 51 : vent 70 m/mn. Vol de ponte très fort (incomptable).

Allumé pot fumigène à 250 m à l'ouest de la lisière dans un fossé. Il se forme un brouillard qui monte peu ; en outre un courant d'air froid l'empêche d'atteindre le niveau du sol. Il en résulte un espace d'environ un mètre de hauteur sans fumée, puis l'écran s'élève peu à peu. Comme déjà observé, les femelles le franchissent en passant par-dessus ou en traversant les zones de moindre épaisseur.

20 h : mise en action d'un dispositif destiné à faire couler du goudron sur le pot fumigène. Le nuage noircit et devient opaque, mais plus léger il monte plus haut. La plupart des insectes s'élèvent au-dessus ; certains se dirigent vers l'origine de la fumée, mais ce mouvement fugace ne se continue pas.

20 h 07 : les femelles montent de plus en plus haut pour passer par-dessus le brouillard.

20 h 10 : vent très faible de l'ordre de 35 m/mn. La fumée s'élève de plus en plus.

20 h 15 : pot fumigène terminé.

EXPÉRIENCE N° 6 — 11 mai 1953.

Ciel dégagé ; vent Nord ; t = 11°1 ; h = 58 p. 100.

19 h 30 : début du vol de ponte.

19 h 34 : 22 H/mn.

19 h 57 : vol de ponte très fort (incomptable). Allumé pot fumigène (comme exp. N° 5) à 250 m de la lisière. Le nuage ne monte pas verticalement mais forme une nappe oblique dont la partie la plus basse est à 1,50 m du sol, alors que du côté de la forêt elle s'élève à près de 10 m. Beaucoup de femelles passent en dessous, cependant d'autres le franchissent par le haut.

20 h 02 : versé du goudron sur le pot fumigène, le nuage devient noir et plus léger, il s'élève un peu plus en hauteur.

20 h 10 : vol de ponte intense. La fumée est noire à proximité du pot. Le vent tourne du N. au N.W. et le nuage atteint la lisière. Certaines pondeuses *s'orientent alors vers la partie de la plaine où il n'y a pas de brouillard*, un grand nombre passe à proximité du pot. Cependant,

d'autres continuent à traverser le nuage dans ses parties les moins denses ou à voler par-dessus (fig. 14).

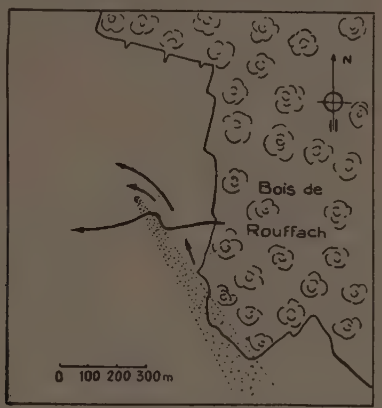


FIG. 14. — Modification du vol de ponte lorsque l'écran arrive jusqu'à la forêt (Rouffach, mai 1953).

20 h 15 : fumée terminée.
20 h 25 : $t = 7^o2$; $h = 62$ p. 100.
20 h 30 : fin du vol de ponte.

OBSERVATION N° 7 —

La ligne de chemin de fer reliant Strasbourg à Bâle traverse la plaine de Rouffach et passe, selon les endroits, à 0 ou 900 mètres de la lisière. En quelques points le talus s'élève à plus de 3 m au-dessus du niveau du sol, il forme ainsi un obstacle continu. Un certain nombre de femelles se posent entre la forêt et la voie ferrée, les autres s'élèvent assez haut pour la franchir (jusqu'à buter contre les fils téléphoniques) ; elles redescendent un peu plus loin en conservant toujours la même direction (fig. 12).

OBSERVATION N° 8 —

En 1949 dans les Vosges, au cours d'observations sur les vols de ponte, nous avions essayé de capturer des insectes à l'aide de filets placés à 200 mètres de la lisière et tendus perpendiculairement à la direction prise par les Hannetons de manière à former un réseau serré ayant 15 m de long sur 5 m de haut.

La trajectoire de nombreuses femelles passait au-dessus de l'obstacle, d'autres l'évitaient en obliquant sur le côté ou en s'élevant un peu. Nous avons cependant récolté 300 pondeuses au cours de deux soirées. La plupart des bêtes, après avoir buté dans le filet, ne cherchaient pas à passer à travers les mailles, elles montaient le long de la trame et reprenaient leur vol dès qu'elles avaient trouvé le chemin libre ; aucune ne s'est laissée tomber à terre (bois de l'Effût, Lamarche, 21-22 mai 1949).

Cette réaction est comparable à celle provoquée par le rideau de fumée, l'insecte remonte l'obstacle (en marchant ou en volant) afin de poursuivre sa course dans la même direction. (Quelques minutes plus tard les mêmes femelles chercheront à se poser, puis à s'enfoncer dans le sol pour y pondre, mais au début du vol elles tendent uniquement à s'éloigner rapidement de la forêt.)

Examen des résultats

La fumée utilisée laisse passer seulement le centième des radiations ultra-violettes, ainsi que celles du spectre visible (densité optique voisine de 2 pour une épaisseur de 30 mètres). Par contre, sa transparence augmente considérablement avec la longueur d'onde, elle devient presque complète à 10 microns (infra-rouge) (fig. 15) (¹). Ainsi les Hannetons réagissent à des radiations du spectre visible ou de l'ultra-violet (²).

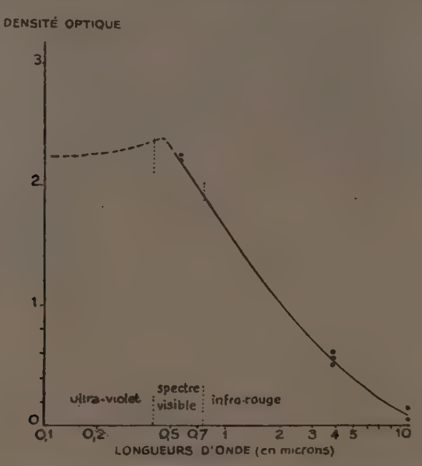


FIG. 15. — Densité optique de la fumée pour une épaisseur de 30 mètres (d'après M. ARNULF, Institut d'Optique de Paris).

Si T est le facteur de transmission de la fumée (c'est-à-dire le rapport $T = \frac{I}{I_0}$ de l'intensité I transmise par la fumée à l'intensité incidente I_0) la *densité optique* est égale à : $\log_{10} \frac{I_0}{I} = \log_{10} \frac{1}{T}$.
Une densité 1 signifie que l'intensité incidente est divisée par 10, une densité 2 qu'elle est divisée par 100, etc...

Lors des arrivées en forêt, ils sont en relation visuelle permanente avec l'objet qui les sollicite et vers lequel ils se dirigent en ligne droite, le stimulus est arrêté par le rideau de fumée.

Ces essais ont confirmé les résultats obtenus en 1951. Les insectes

(¹) Nous adressons tous nos remerciements à M. ARNULF, Professeur à la Sorbonne et à l'Institut d'Optique de Paris, qui a eu l'extrême obligeance d'étudier les propriétés optiques de ces fumées.
(²) D'après HORBER (1949) les Hannetons ne sont pas attirés par des pièges comportant des lampes à radiations ultra-violettes.

sont déroutés par l'écran placé entre eux et le site vers lequel ils allaient, ils orientent alors leur vol vers un autre centre attractif qu'ils aperçoivent généralement au-delà du point d'origine du brouillard. Un très grand nombre de Hannetons longent ainsi le nuage mais, parvenus au lieu d'émission, ils modifient à nouveau leur direction pour aller vers un endroit encore plus attractif qui se trouve être la lisière la plus proche (fig. 13).

Les femelles en mal de ponte peuvent traverser un brouillard peu dense car celui-ci ne retient pas leur attention comme l'avait montré le seul essai effectué à ce propos en 1951, cela signifie aussi que la fumée ne repousse pas les insectes.

Lorsque l'écran masque complètement le côté opposé, les pondeuses contournent l'obstacle en passant par-dessus. Dans ce cas elles se rendent compte de sa présence seulement au dernier moment car elles butent presque au nuage, puis elles montent verticalement, enfin elles reprennent leur direction primitive en passant au-dessus de la masse de fumée ; elles se maintiennent encore pendant 100 à 150 mètres à haute altitude (10 à 15 m) avant de redescendre selon une trajectoire en pente douce (fig. 16). Il s'établit alors derrière l'écran une zone d'une profondeur de 100 mètres au moins où les individus atterrissent en très petit nombre et où les pontes seront peu nombreuses.

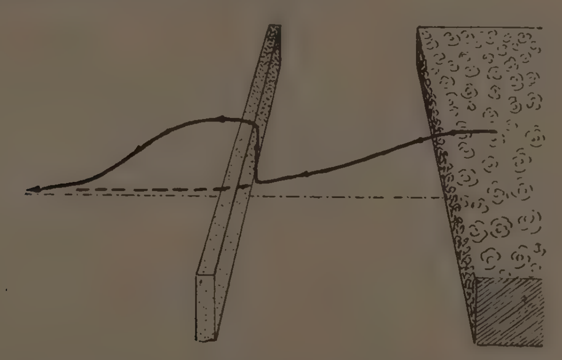


FIG. 16. — Trajectoire suivie par les femelles en vol de ponte en présence d'un écran de fumée artificielle (en pointillé : parcours effectué avant la mise en place de l'écran).

Lorsque le nuage est parallèle à la lisière, il bouche complètement l'horizon en se confondant avec le ciel ; de loin il prend l'apparence d'une surface plane étendue (nappe d'eau, brouillard). D'après nos expériences les Hannetons n'ont pas les moyens de se rendre compte qu'il s'agit d'un obstacle vertical contre lequel ils butent. Ces observations montrent en outre que la direction du vol de ponte est indépendante de la nature du site vers lequel les bêtes se trouvent portées ; cela peut expliquer certains cas d'envol vers des lacs (lac de Constance).

Les femelles n'ont cherché ni à se poser, ni à traverser le nuage, ni à le longer, elles avaient tendance à s'éloigner encore de la lisière tout *en conservant la même orientation* par rapport à celle-ci. Cependant *ce vol n'a pas besoin d'être entretenu par la vue constante du site répulsif* car les insectes ne se posent pas davantage lorsqu'ils sont parvenus presque au niveau du sol de l'autre côté de l'écran.

Si le nuage atteint la forêt, bon nombre de pondeuses réagissent comme s'il s'agissait d'un angle formé par deux lisières, elles prennent une direction oblique qui les conduit vers les parties restées visibles de la plaine (fig. 14).

IV. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES PSYCHOLOGIE

Les grands déplacements se produisent surtout le soir ; ces vols crépusculaires doivent être considérés comme des *migrations*, ils s'accordent avec la définition donnée par G. Viaud (1953) « Une migration est un déplacement momentané ou définitif d'une population d'une espèce animale, déplacement dans lequel les individus jouent un rôle actif, et qui intéresse des régions ou territoires différant par leur milieu écologique, climatologique ou géographique. »

L'éclairement particulier au moment où se produisent les départs révèle pour ceux-ci l'existence de *seuils d'intensité lumineuse*, dépendant directement de l'état physiologique des insectes et au-dessus desquels la faculté d'envol est inhibée. Meunier (1929) Schneider (1952) ont provoqué expérimentalement des envols à n'importe quelle heure du jour en diminuant progressivement l'éclairement auquel ces Coléoptères étaient soumis.

En plaine et au crépuscule, lorsque la luminosité s'abaisse à *50 lux* et que les conditions de température sont favorables, *tous les Hannetons* cherchent à quitter le sol quels que soient leur sexe et leur état physiologique (à l'exception des femelles prêtes à pondre qui présentent le réflexe d'enfouissement, qu'elles aient ou non accompli le vol de ponte). Ce peut être des mâles ou des femelles d'âges variés, voire même certaines à œufs presque complètement développés. L'envol proprement dit est probablement dû à une *réaction d'appétence*.

Dans certaines conditions les insectes peuvent prendre leur essor au milieu du jour, en particulier lorsqu'ils sont restés quelque temps à la surface du sol sans pouvoir s'en aller en raison de conditions atmosphériques défavorables (pluie). Le stimulus interne se fait alors plus pressant et l'emporte sur la réaction d'inhibition en incitant les bêtes à partir malgré un fort éclairement (plein soleil). Il se produit alors des arrivées en forêt en plein jour, mais celles-ci n'ont pas un départ aussi

brusqué qu'au crépuscule et leur densité reste toujours faible. Les vols diurnes peuvent atteindre au maximum 10 Hannetons à la minute, ils s'étalent sur plusieurs heures (région de Monthureux, Vosges, en avril 1949 ; environs de Dannemarie, Haut-Rhin, en mai 1952).

L'insecte s'élève d'abord en traçant des spires dont le diamètre, faible au départ, devient de plus en plus grand. Comme celui-ci est capable aussi de monter verticalement suivant une trajectoire presque rectiligne (nous l'avons constaté au cours des expériences avec écran de fumée), ce comportement particulier doit être considéré comme une *prise de contact avec l'extérieur*, comme une « recherche active » au cours de laquelle l'animal perçoit divers stimuli. Si ceux-ci sont nombreux et de faible intensité le Coléoptère se portera sur les arbres du voisinage, c'est alors la simple dispersion que nous avons constatée en 1950 près de Sion en Suisse dans les vergers de la plaine du Rhône (opération GEIGY — cf. RANFT 1950).

Généralement le Hanneton subira l'attirance d'une masse sombre qui se détache sur le fond clair du ciel ; ce *site préférentiel* et *attractif*, sera le même pour tous les individus provenant d'un même endroit et il provoquera vers lui la migration de l'ensemble de la population qui formera une foule [1]. Si plusieurs silhouettes sont en présence, les bêtes se dirigeront toujours vers *la plus haute*, c'est-à-dire vers celle qui est vue sous le plus grand angle. Enfin, pour une figure préférentielle déterminée, les rassemblements se feront surtout à proximité des *bordures verticales*.

Les expériences de LEPINEY (1929) sur les chenilles de *Lymantria dispar* L. et celles de HUNDERTMARK (1937) sur *Lymantria monacha* ont montré, de même, que ces bêtes se dirigent vers un objet quelconque pourvu qu'il se profile sur le ciel. *L. monacha* choisit, parmi des rectangles, ceux qui l'emportent par la hauteur sans différenciation de surfaces ni de volumes, une différence de 2° d'angle visuel est suffisante [2].

Pendant le vol, le Hanneton reste en relation visuelle permanente avec l'« objet » qui le sollicite si fortement qu'il négligera les arbres isolés, même situés à faible distance du point d'attraction. Il se dirige toujours en ligne droite vers le site ; si celui-ci est masqué le phénomène cesse aussitôt, l'individu subit alors l'attirance d'un autre lieu. Avec les écrans de fumée, les Coléoptères ont dû changer d'orientation à deux reprises, d'abord quand le premier centre attractif disparaissait, puis lorsque le second but choisi se trouvait supplanté par un autre plus puissant apparu brusquement.

(1) D'après PICARD (1933) « Tout rassemblement au sein duquel ne se manifeste aucune attraction des individus les uns pour les autres constitue une simple foule. Dans les foules, les êtres subissant, chacun pour leur compte, l'influence de quelque action du milieu, s'accumulent, convergent vers le même point. »

(2) GRISON et de SACY (1954) ont observé aussi que les femelles de *Operophtera brumata* L., à ailes rudimentaires, marchent au crépuscule vers certaines silhouettes sombres et notamment des troncs d'arbres.

F. SCHNEIDER (1952) a proposé le terme de « hypsotactisme » pour désigner le phénomène ; du point de vue littéral cette dénomination traduit fidèlement le résultat des observations, mais elle appelle quelques remarques quant à sa signification psychologique. La direction du vol est déterminée et maintenue par un effet de contraste dû à un « *objet* » *sombre* (scototactisme, A. COUTURIER et P. ROBERT 1951) : c'est la *réponse innée et prédéterminée* à un « *signe* » de caractère *spécifique* qui correspond ici à la satisfaction d'un besoin alimentaire.

Des « objets » présentant un aspect analogue (massifs de résineux, reliefs dépourvus d'arbres) peuvent provoquer la même *conduite instinctive* et attirer les *M. melolontha* vers des sites ne leur convenant pas.

L'insecte se montre d'abord plus sensible à l'égard *des masses les plus élevées* au-dessus de l'horizon puis, en second lieu, vis-à-vis *des bordures verticales* (1).

La migration vers la forêt comprend donc trois phases (envol, orientation perceptive, puis choix) dont les premières conditionnent les suivantes. D'après nos expériences de laboratoire, des insectes privés de la faculté de voler (ablation des ailes membraneuses, rétention des élytres) essaient en vain de prendre l'air, puis ils errent au hasard sans montrer de tendance à s'orienter en marchant, ni à atteindre un objectif de forme définie comme une fausse silhouette. Il ne peut pas y avoir de recherche active sans envol, et le choix se manifeste seulement au cours de l'orientation.

Le caractère remarquable de l'emplacement choisi pour de nombreux rassemblements d'insectes a été souligné par LE MASNE (1952) à propos des « sociétés » de sommeil et des groupements saisonniers.

Pour le premier cas, la diminution de l'intensité lumineuse est souvent un facteur déterminant (animaux à activité diurne). Le site adopté ressort parfois très distinctement dans la région (bouquet d'arbres encastré au pied d'une haute falaise où, d'après LE MASNE, H. JANVIER voyait se grouper chaque soir des milliers de Guêpes appartenant à trois espèces différentes, et venues assurément de très loin). Parfois, au contraire, ce sont les rameaux ou les brins d'herbe plus ou moins desséchés, choisis comme « perchoirs », qui se distinguent de la végétation environnante.

Les rassemblements saisonniers s'observent fréquemment dans des lieux élevés. Des milliers de Coccinelles se rencontrent ainsi dans des clochers (PICARD 1933) ou à proximité de sommets de 500 à 2 000 mètres (FABRE 1879, FRAENKEL 1932). Nous l'avons constaté, par exemple, fin mai sur de petits buis poussant au-dessus de la roche de Solutré, dont

(1) Un tel comportement résulte probablement d'une perception des formes présentant une *discrimination plus fine des images dans le sens vertical* que dans le sens horizontal, propriété due sans doute, comme chez l'Abeille, à une courbure de l'œil beaucoup plus grande transversalement que longitudinalement. Les silhouettes étroites sont négligées car elles sont très faiblement perçues.

la falaise domine les environs (à 500 mètres d'altitude en Saône-et-Loire). Généralement il s'agit de groupements d'hibernation. Divers Hyménoptères, en particulier *Amnophila hirsuta* Scop., semblent attirés par un sommet, un escarpement, un amas de pierres où ils s'entassent sous un abri commun. Ces divers insectes mènent d'ordinaire leur vie active à l'état sédentaire. Les départs doivent se produire à la suite de conditions non encore précisées (état physiologique et milieu extérieur).

De même les Danaïdes, papillons migrateurs qui accomplissent des déplacements pouvant atteindre plusieurs centaines de kilomètres, constituent des rassemblements d'hivernage. A la fin de la migration d'automne, ils s'entassent par milliers sur les branches de certains arbres, toujours les mêmes chaque année, et souvent situés en des lieux exposés et visibles de loin.

Il y a une analogie frappante entre les propriétés particulières des sites où se produisent ces diverses manifestations et les lieux de convergence des vols de Hannetons.

Le phénomène diffère d'un tropisme (ou tactisme) proprement dit car il s'agit d'une *conduite instinctive*. Celle-ci « présente toujours un caractère d'adaptabilité aux conditions variables du milieu, en ce sens que l'élément du milieu extérieur est non pas un excitant ayant une valeur physique déterminée de manière absolue, mais un « objet » (1), possédant un caractère schématique, c'est-à-dire une « structure » ou « forme » générale d'excitation » (J. C. FILLOUX 1953).

EN FORÊT, les femelles dont l'*ovogenèse est terminée* prennent aussi leur essor au moment du coucher du soleil, mais elles réagissent d'une manière différente et s'activent un peu plus tôt lorsque l'éclairement est encore de *200 lux*. Nous ne savons pas exactement ce qui se passe alors à la cime des arbres, mais il est fort probable qu'elles accomplissent aussi quelques tours d'orientation au cours desquels elles perçoivent les grandes masses forestières qui deviennent pour elles des *pôles répulsifs*, dont elles tendent à s'éloigner rapidement par le bord le plus proche. Au point de franchissement la direction prise sera généralement perpendiculaire à la lisière, surtout si celle-ci est rectiligne sur une grande longueur, mais des bosquets voisins ou certaines indentations peuvent exercer une influence.

Dans le vol de ponte SCHNEIDER (1952) distingue avec raison la *fuite*, puis la recherche du point de pose, mais il convient de préciser que, ici encore, l'*envol est conditionné par un stimulus interne* qui, dans ce cas, se manifeste à la fin d'un cycle de reproduction. La direction du vol dépend ensuite des conditions d'environnement.

Arrivés en plaine, les *Melolontha* conservent leur *direction dans le*

(1) On a donné à cet objet les noms de « stimulus signal » (RUSSEL, 1943, TINBERGEN, 1943), de « stimulus significatif » (GRASSÉ, 1944) et plus simplement de « signe » (VIAUD 1951).

même plan vertical, même s'ils abordent un site défavorable (écran de fumée blanchâtre, nappe d'eau), ou si les ensembles boisés qui ont déterminé l'orientation initiale ne sont plus visibles (fumée artificielle) (fig. 16). L'insecte a donc un autre guide. La réaction déclenchée est continuellement entretenue par l'organisme. Les mères poursuivent ainsi leur course sans tenir compte de l'endroit où elles se rendent. A partir d'un certain parcours, qui peut varier de 200 à 2 000 mètres environ selon les individus et selon les localités, elles changent d'allure et divaguent à 0,50 m du sol pour choisir un lieu de ponte.

Au moment des vols le soleil a déjà disparu sous l'horizon mais le ciel, inégalement éclairé, est toujours plus lumineux du côté du couchant. Cet aspect contrasté peut fournir des repères assez précis aux femelles pour qu'elles puissent conserver la même direction. Enfin, la *lumière polarisée diffusée par le ciel* est sans doute le guide le plus sûr ; cela expliquerait en particulier pourquoi le Hanneton est capable de se maintenir toujours dans un même plan vertical (1), et aussi pourquoi l'on observe des insectes volant en ligne droite en différentes directions dans les terrains de ponte situés à 1 ou 2 kilomètres des lisières d'un foyer multiple (2).

La perception de la lumière polarisée a été mise en évidence depuis quelques années chez divers Arthropodes. D'après Von FRISCH (1949-50) une Abeille butineuse fait connaître à ses compagnes l'emplacement d'un lieu de récolte par une « danse frétillante » au cours de laquelle elle prend pour repère la direction du soleil ou, en son absence, la lumière polarisée diffusée par le ciel (celle-ci, variable selon les heures, est d'ailleurs en rapport avec la situation de l'astre du jour). Certaines Fourmis utilisent les mêmes particularités optiques pour le retour au nid (*Lasius niger* d'après I. SCHIFFERER in v. FRISCH 1950 ; *Myrmica ruginodis* Nyl. d'après VOWLES 1950). Les Talitres (*Talitrus saltator* Mont., Crustacés amphipodes) perçoivent aussi le plan de polarisation de la lumière céleste et leur orientation visuelle est comparable à celle des Abeilles (PARDI et PAPI 1952 et 1953).

Ainsi les Hannetons présentent des « conduites » opposées selon leur état physiologique. Chez les femelles dont l'ovogenèse n'est pas terminée et chez les mâles, les vols crépusculaires correspondent à une

(1) Cette hypothèse séduisante que nous chercherons à vérifier dans l'avenir nous a été suggérée par M. G. VIAUD, Professeur de Psycho-Physiologie animale à la Faculté des Sciences de Strasbourg, auquel nous adressons tous nos remerciements.

(2) Nous avons défini *foyer simple*, un milieu naturel susceptible de permettre à lui seul le *développement permanent d'une population indépendante de Melolontha*. Ce milieu comprend un ensemble géographique essentiellement constitué par un groupement de feuillus avec les cultures attenantes dont la surface est limitée par la faculté de dispersion des femelles pondeuses (au plus 3 km). Son étendue restera donc faible. Il doit en outre être assez éloigné d'autres foyers pour évoluer pour son propre compte.

Un foyer est dit *multiple* lorsqu'il comprend des ensembles forestiers assez rapprochés pour permettre le mélange de leurs populations respectives au cours des vols préalimentaires ou pendant les vols de ponte (COUTURIER et ROBERT 1951).

réaction d'appétence au cours de laquelle les masses sombres apparaissent comme des « *signes* » *spécifiques innés* qui deviennent attractifs. Il se produit le phénomène inverse dès que les femelles sont parvenues à la fin d'un cycle de reproduction, mais la direction du vol de fuite, déterminée par les ensembles boisés, se maintient même si ceux-ci disparaissent.

D'autres déplacements semblent entrer dans la catégorie des *migrations accidentelles* ou apériodiques : un très grand nombre d'individus des deux sexes partent en bandes et parcourent d'assez grandes distances (20 km) à une altitude variant de 6 à 100 mètres. Cela a été observé à diverses époques en Allemagne du Nord, à l'intérieur des terres comme en mer (Giard 1893, Schuch 1935, Meyer 1938) et en Suisse dans le canton de Fribourg (Wiesmann, Gasser et Grob 1950, Bourqui 1953). On ignore encore les conditions dans lesquelles ils peuvent se manifester.

V. — CONCLUSIONS

A la fin de l'hiver les Hannetons (*Melolontha melolontha* L.) ne peuvent pas entrer en activité si la température du sol est inférieure à 10°. Le rythme des départs dépend aussi de l'état de réchauffement du sol.

Au sortir de terre les femelles ne semblent pas être toutes au même état physiologique, il y a de grandes différences individuelles qui se manifestent par des durées très variables pour la formation des œufs et pour le séjour en forêt. Au contraire, après la première ponte, les mères commencent ensemble un nouveau cycle de reproduction et les vitesses d'accroissement des ovocytes se montrent presque égales.

Les vols crépusculaires sont des migrations effectuées dans un seul sens pour les mâles ; chez les femelles ce sens est sous la dépendance de leur état physiologique. Ils se manifestent seulement à partir d'un certain seuil d'éclairement ; le seuil thermique n'est pas le même non plus pour les arrivées en forêt (+ 4°) et pour les vols de ponte (+ 10°).

Il s'agit de « comportement à *déterminisme interne prédominant* et qui comprend des *réactions perceptives à des objets* » (Viaud 1951), celles-ci sont souvent très vives. Au sortir de terre un *signe*, constitué par un « objet » remarquable qui devient attractif, détermine à chaque instant la direction du vol. Les masses forestières orientent le vol de ponte au départ seulement, la direction se maintient ensuite, le guide étant alors probablement la lumière polarisée diffusée par le ciel.

(*Reçu pour publication le 4 décembre 1954*)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bourqui (P.). — Observations sur le comportement du Hanneton commun et de sa larve (*Melolontha melolontha*) dans le canton de Fribourg de 1948 à 1953. *Bull. Soc. Fribourgeoise des Sci. Nat.*, vol. 43, p. 73-130, 1953.

CAIRASCHI (E. A.), COUTURIER (A.), HARRANGER (J.), ROBERT (P.) et ROLLAND (L.). — Essais de lutte contre le Hanneton commun (*Melolontha melolontha* L.) dans la haute vallée de la Saône au printemps 1949. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, nº 12, p. 537-541, 1949.

CHAUVIN (R.). — Physiologie de l'Insecte. 619 p., Paris, 1949.

CHAUVIN (R.) et LECOMTE (J.). — Peut-on réduire le comportement animal à de simples tropismes? *Rev. Zool. Agric. et Appl.*, nº 7-9, p. 57-64, 1952.

CLAUSEN (R.) et NICOLLIER (J.). — Les rassemblements de Hannetons observés dans la région de Martigny. *Mitteil. Schweiz. Ent. Ges.*, **23**, p. 297-302, 1950.

COUTURIER (A.). — Caractères des pullulations du Hanneton commun (*M. melolontha* L.) dans l'Est de la France. *IXe Congr. Intern. Entom.*, Amsterdam 1951.

COUTURIER (A.), HERTZOG (P.) et BLAISINGER (P.). — Remarques sur un foyer à Hannetons (*Melolontha melolontha* L.) du vignoble champenois. *Le Vigneron Champenois*, 75e ann., p. 28-34, janv. 1954.

COUTURIER (A.) et HURPIN (B.). — Résultats principaux des observations relatives au Hanneton commun (*Melolontha melolontha* L.) dans la région de Dannemarie en 1950. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, nº 4, p. 161-164, 1951.

COUTURIER et ROBERT (P.). — Remarques à propos d'un vol très localisé du Hanneton commun (*Melolontha melolontha* L.) observé aux environs de Colmar en 1950. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, nº 4, p. 165-166, 1951.

COUTURIER (A.) et ROBERT (P.). — Observations préliminaires sur le déterminisme de l'orientation des vols crépusculaires du *M. melolontha*. *IXe Congr. Intern. Entom.*, Amsterdam 1951.

COUTURIER (A.) et ROBERT (P.). — in : La lutte chimique contre les Hannetons et les Vers blancs. *Actualités Agron.*, Sér. C, nº 1, 159 p., INRA, Paris, 1954.

FABRE (J. H.). — Souvenirs entomologiques. 1re série : Les émigrants. 1re édition 1879. Edit. définitive (Delagrave édit. Paris).

FILLOUX (J. C.). — L'instinct et les formes innées des conduites animales. *La Nature*, nº 3214, p. 51-52 et nº 3215, p. 75-77, 1953.

FRAENKEL (G.). — Die Wanderungen der Insekten. *Ergebnisse der Biologie*, IX, p. 1-238, Berlin 1932.

FRISCH (K. von). — Die Polarisation des Himmelslichtes als orientierender Faktor bei den Tänzen der Bienen. *Experientia*, 5, p. 142-148, Bâle 1949.

FRISCH (K. von). — Die wechselseitigen Beziehungen und die Harmonie im Bienenstaat. « *Colloques internationaux du C. N. R. S.*, XXXIV, Structure et physiologie des sociétés animales », Paris, mars 1950, p. 271-292, 1952.

FRISCH (K. von). — Die Sonne als Kompass im Leben der Bienen. *Experientia*, 6, p. 210-221, Bâle 1950.

GASSER (R.) et WIESMANN (R.). — Contribution à l'étude écologique et à la destruction du Hanneton (*Melolontha melolontha* L.). Observations et essais effectués à Sarrebourg en 1949. *Rev. Path. Végét. et Ent. Agric. Fr.*, t. XXIX, nº 1-2, p. 43-103, 1950.

GIARD (A.). — La lutte contre le Hanneton. *Bull. Scient. France et Belgique*, t. XXIV, p. 2-7, Paris 1893.

GÖTZ (B.). — Zum Schadauftreten des Maikäfers *Melolontha melolontha* L. in südbadischen Rebanlagen während der Flugperiode 1953. *Die Wein-Wissenschaft*, 8e ann., nº 2, 6 p., 1954.

GRASSE (P. P.). — Les rassemblements de sommeil des Hyménoptères et leur interprétation. *Bull. Soc. Entom. Fr.*, t. XLVII, nº 9, p. 142-148, 1942.

GRASSÉ (P. P.). — Les Insectes et leur univers. *Les conférences du Palais de la Découverte*, 22 p. Paris 1944.

GRISON P. et Silvestre de SACY. — Déplacements orientés de la femelle de Cheimatobie *Operophtera brumata L. Bull. Soc. Ent. France.* T. 59 p. 151-154, 1954.

HORBER (E.). — Maikäferfang mit Quecksilberdampflampen? *Mitteil. Schweiz. Ent. Ges.*, **22**, p. 116-124, 1949.

HUNDERTMARK (A.). — Das Formenunterscheidungsvermögen der Eiraupen der Nonne (*Lymantria monacha* L.). *Z. f. vergl. Physiologie*, 24, p. 563-582, 1937.

HURPIN (B.). — Relation entre la diapause et l'ovogenèse chez *Melolontha melolontha* L. (Coléopt. Scarabeidae). *C. R. Acad. Sci.*, **237**, p. 1789-1791, 1953.

KERN (F.) et GUNTHART (E.). — Weitere Untersuchungen über den Flug des Maikäfers (*Melolontha vulgaris* F.). *Mitteil. Schweiz. Ent. Ges.*, **23**, p. 226-232, 1950.

LECOMTE (J.). — L'éthologie : Science des comportements instinctifs. *Rev. Zool. Agric. et Appl.*, nº 7-9, p. 126-130, 1954.

LE MASNE (G.). — Classification et caractéristiques des principaux types de groupements sociaux réalisés chez les Invertébrés. « *Colloques internationaux du C. N. R. S.* XXXIV. Structure et physiologie des sociétés animales », Paris, mars 1950, p. 19-70, 1952.

LEPINEY (J. de). — Note préliminaire sur le rôle de la vision ocellaire dans le comportement des chenilles de *Lymantria dispar. Bull. Soc. Zool. France*, LIII, p. 479-490, 1929.

MEUNIER (K.). — Experimentelles über den Schwärmtrieb und das periodische Auftreten verschiedener Aktivitätsformen beim Maikäfer (*Melolontha melolontha* L.). *Z. f. angew. Entomologie*, **14**, p. 91-139, 1929.

MEYER (E.). — Massenanschwemmungen von Maikäfern an der deutschen Ostseeküste während des Fluges 1938. *Verhandl. d. VII. Intern. Kongr. f. Entomologie*, Bd. III, p. 2224-2230, Berlin 1938.

NEU (W.). — Unterschiede im Schwärmverlauf von *Melolontha hippocastani* F. und *M. melolontha* L. *VII. Intern. Kongr. f. Entomologie* in Berlin, p. 2231-2240, 1939.

NEU (W.). — Beiträge zur Biologie des Feldmaikäfers (*Melolontha melolontha* L.). Die Schwärmbahnen des Feldmaikäfers. *Z. Morph. Oekol. d. Tiere*, **37**, p. 565-583, 1941.

PARDI (L.) et PAPI (F.). — Die Sonne als Kompass bei *Talitrus saltator* Montagu (Amphipoda, Talitridae). *Naturwissenschaften Dtsch.*, **39**, nº 11, p. 262-263, 1952.

PARDI (L.) et PAPI (F.). — Ricerche sull'orientamento di *Talitrus saltator* Montagu (Crustacea-Amphipoda).
I. L'orientamento durante il giorno in una popolazione del litorale tirrenico. p. 459-489. — II. Sui fattori che regolano la variazione dell'angolo di orientamento nel corso del giorno. L'orientamento di notte. L'orientamento diurno di altre popolazioni, p. 490-518. *Zeitschr. f. vergl. Physiol.*, Bd. **35**, 1953.

PAULIAN (R.). — La vie larvaire des Insectes. 206 p., Paris 1950.

PICARD (F.). — Les phénomènes sociaux chez les animaux. 201 p., Paris 1933.

PIERON (H.). — Psychologie zoologique, t. VIII, Fasc. 1, 255 p., Paris 1941.

PIERON (H.). — Où en est le problème de l'orientation lointaine? *Conférences du Palais de la Découverte*, sér. A, nº 167, 25 p., Paris 1952.

PORTIER (P.). — La biologie des Lépidoptères. 643 p., Paris 1949.

RABAUD (E.). — L'instinct et le comportement animal, t. 1,224 p., t. II, 208 p., Paris 1949.

RANFT (J.). — De l'action contre les Hannetons en 1950. *Valais Agricole*, nº 26, 1950.
RASPAIL (X.). — Observations complémentaires sur la ponte et les mœurs du Hanneton. *Mém. Soc. Zool. de France*, t. IX, p. 331-348, 1896.
RÉGNIER (R.). — Etat actuel des recherches sur les Hannetons et les Vers blancs. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, nº 18, p. 714-722, 1950.
ROBERT (P.). — Les pontes multiples chez le Hanneton commun. Obtention de pontes successives au laboratoire. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, nº 5, p. 197-198, 1951.
ROBERT (P.). — L'évolution d'une population de Hannetons communs (*Melolontha melolontha* L.) dans un foyer simple à Rouffach (Haut-Rhin). *Ann. d. Epiphyties*, II, p. 257-281, 1953.
SCHNEIDER (F.). — Untersuchungen über die optische Orientierung der Maikäfer (*Melolontha vulgaris* F. und *M. hippocastani* F.) sowie über die Entstehung von Schwärmbahnen und Befallskonzentrationen. *Mitteil. Schweiz. Ent. Ges.*, 25, p. 269-340, 1952.
SCHNEIDER (F.). — Planung in der Maikäferbekämpfung auf Grund einer Befallskartierung in den einzelnen Gemeinden. *Mitteil. f. d. Schweiz. Landwirtschaft, Jahrg.* 2, Heft 2, p. 17-52, 1954.
SCHNEIDER-ORELLI (O.). — Entomologisches Praktikum. 2e édit., 237 p., Aarau (Suisse), 1947.
SCHUCH (K.). — Laboratoriumsuntersuchungen über den Lebenslauf des Maikäfers (*Melolontha melolontha* L.). *Arbeiten über phys. u. angew. Ent.*, **5**, p. 166-177, 1938.
SCHWERDTFEGER (F.). — Untersuchungen über die Entwicklung des weiblichen Geschlechtorgans von *Melolontha melolontha* L. während der Schwärmzeit. *Z. f. angew. Entomologie*, **13**, p. 267-300, 1928.
SOULAIRAC (A.). — Classification des réactions d'orientation des animaux (tropismes). *L'Année Biol.*, 3e sér., t. 25, nº 1-2, p. 1-14, 1949.
TINBERGEN N. — L'étude de l'instinct. 308 p. Paris 1953.
VIAUD (G.). — Travaux récents sur la physiologie sensorielle des insectes (H. AUTRUM et son Ecole). *L'Année Biol.*, 3e sér., t. 26, nº 11, p. 635-651, 1950.
VIAUD (G.). — Les Tropismes. 148 p., Paris 1951.
VIAUD (G.). — Qu'est-ce que la psychologie animale ? *Soc. Acad. du Bas-Rhin*, p. 19-37, Bull. 1950-1951-1952.
VIAUD (G.). — Problèmes psycho-physiologiques posés par les migrations des animaux. *Journ. de Psychologie*, p. 12-48, 1953.
VOGEL (W.). — Eibildung und Embryonalentwicklung von *Melolontha vulgaris* F. und ihre Auswertung für die chemische Maikäferbekämpfung. *Z. f. angew. Entomologie*, 31, p. 538-582, 1950.
VOWLES (D. M.). — Sensitivity of ants to polarized light. *Nature*, 165, nº 4190, p. 282-283, G. B. 1950.
WIESMANN (R.) et GASSER (R.). — Fünf Jahre Erfahrungen in der Bekämpfung des Maikäfers (*Melolontha melolontha* L.) und Beobachtungen zu seiner Oekologie. *Z. f. Pflanzenkrankheiten u. Pfl.-schutz*, **57**, p. 17-37, 1950.
Revue Romande d'Agriculture, de Viticulture et d'Arboriculture : « Le Hanneton et le Ver blanc ». Numéro spécial, nº 10, octobre 1952.

ÉVALUATION DU POUVOIR INFECTIEUX DU VIRUS X DE LA POMME DE TERRE ET DU VIRUS DE LA MOSAIQUE DU TABAC PAR LA MÉTHODE DES LÉSIONS LOCALES

PAR

D. G. ZACHOS

PLAN DU MÉMOIRE

I. — INTRODUCTION

L'étude de l'interférence entre le virus X de la Pomme de terre et le virus de la Mosaïque du Tabac chez la Tomate (28) nous a mis dans l'obligation d'utiliser la méthode des « lésions locales » afin de comparer

Nous voulons exprimer ici notre profonde gratitude à M. P. LIMASSET, Professeur de Botanique à l'Ecole Nationale d'Agriculture de Montpellier, ex-directeur de la Station centrale de Pathologie Végétale, qui a bien voulu nous accueillir dans son Laboratoire et nous accorder toute facilité pour la réalisation de ce travail. Nous tenons également à le remercier vivement pour les conseils qu'il nous a donnés au cours de ces recherches et pour avoir revu le texte de notre manuscrit en nous faisant des suggestions précieuses.

Nous exprimons également nos remerciements à M[lle] J. NIORE et à M. E. HALMOS pour la préparation des photographies qui sont présentées dans l'article.

le pouvoir infectieux de différentes préparations des virus en question. Ceci nous a conduit, d'une part, à apporter à cette technique certaines améliorations d'ordre général permettant d'augmenter la précision et la fidélité des résultats et, d'autre part, d'en préciser pour la première fois dans le détail l'application au virus X de la Pomme de terre.

On sait que la méthode des lésions locales tire son origine des travaux de HOLMES (12). Cet auteur montra, en effet, que le nombre de lésions locales provoqué par le virus de la Mosaïque du Tabac sur les feuilles de diverses espèces de *Nicotiana* et plus spécialement de *N. glutinosa* était d'autant plus élevé que la concentration du virus était plus forte. La technique subit ensuite diverses améliorations qui en ont fait un outil précieux et indispensable pour toutes les recherches nécessitant une appréciation quantitative précise de l'activité pathogène du virus de la Mosaïque du Tabac. Elle a pu également être étendue à un certain nombre d'autres virus en faisant usage de plantes hôtes convenablement choisies. Néanmoins son utilisation n'a pu être généralisée car de nombreux virus ne s'y prêtent pas. C'est le cas de tous ceux dont l'inoculation mécanique n'est pas réalisable et aussi, parmi les virus inoculables mécaniquement, de ceux qui ne possèdent pas d'hôtes réagissant par des lésions locales.

Pour mettre au point avec toute la précision possible l'application, au dosage du virus X, de la technique des lésions locales nous nous sommes inspiré des travaux de SPENCER et PRICE (24), PRICE et SPENCER (17, 18) et PRICE (16) sur le virus de la Mosaïque du Tabac, de la Nécrose du Tabac, du Ring-spot du Tabac, de la Mosaïque de la Luzerne et de la Southern mosaic du Haricot. Nous y avons cependant apporté certaines modifications dont la principale se rapporte à la technique de l'inoculation. Ces modifications ont ensuite été appliquées avec profit au virus de la Mosaïque du Tabac.

II. — FACTEURS INFLUENÇANT LA PRÉCISION DE LA MÉTHODE DES LÉSIONS LOCALES

En considérant les recherches déjà faites sur la méthode des lésions locales, on constate que la précision de ses résultats dépend de nombreux facteurs. Certains d'entre eux ont une importance capitale.

La technique d'application de l'inoculum sur la feuille joue un rôle fondamental pour la précision de la méthode. Pour les virus qui infectent la feuille facilement par un simple frottement l'inoculation est réalisée soit avec une spatule (SAMUEL, 21) soit avec un morceau de mousseline ou d'étamine, soit enfin avec l'index de la main. Mais pour d'autres virus difficilement inoculables, les méthodes mentionnées ne sont pas effi-

caces et le nombre de lésions locales est insuffisant pour un travail précis. Dans ce cas, il est nécessaire d'y parvenir à l'aide d'un abrasif. Les abrasifs en général et à concentration égale de virus augmentent le nombre des lésions locales (SAMUEL et BALD 22, COSTA 9, KALMUS et KASSANIS 13). On a d'abord utilisé le sable (FAJARDO 10, SAMUEL et BALD 22) puis la poudre de carborundum (RAWLINS et TOMPKINS 19, 20) pour faciliter la transmission des virus. COSTA (9) au cours d'une étude complète de l'utilisation de la poudre de carborundum dans la méthode des lésions locales a constaté que cet abrasif augmente considérablement le nombre des lésions locales, accroissant ainsi la sensibilité de la méthode. Dans tous les cas, tant pour les virus facilement inoculables que pour ceux difficilement transmissibles, la technique d'inoculation exige une application de l'inoculum aussi uniforme que possible.

Les travaux de SAMUEL et BALD (22) et de YOUDEN et BEALE (26) ont mis en évidence l'influence de la sensibilité relative des plantes tests utilisées et aussi des différentes feuilles d'une même plante sur le nombre de lésions locales fourni par un même inoculum. Ceci conduit à comparer les échantillons étudiés sur deux moitiés d'une même feuille, de part et d'autre de la nervure principale.

Lorsqu'on veut comparer le pouvoir pathogène de deux préparations de virus il est par ailleurs important de les utiliser toutes deux à une dilution convenable. Il existe en effet pour chaque virus une zone de concentrations favorables pour laquelle de faibles variations de teneur en virus provoquent une modification importante du nombre de lésions locales. Si l'on sort de cette zone la précision diminue beaucoup. Ceci peut se traduire en courbe si l'on porte en abscisses les logarithmes de dilutions du virus et en ordonnées le nombre de lésions. La région de la courbe dont la pente est la plus grande est la plus favorable. SAMUEL et BALD (22) ont trouvé que pour le virus de la Mosaïque du Tabac la partie descendante de la courbe est une ligne droite d'une pente 0,6. D'après BEST (5,6) la courbe de dilution du virus de la Mosaïque du Tabac est constituée de trois parties : *a*) une partie correspondant à l'échelle des grandes concentrations du virus, ou de grands changements de la concentration provoquent un changement léger du nombre des lésions *b*) une deuxième partie descendante ayant comme pente l'unité, où un changement de la concentration suscite un changement équivalent du nombre de lésions, et *c*) une troisième partie où la diminution du nombre de lésions est proportionnellement plus légère que la diminution de la concentration du virus.

YOUDEN, BEALE et GUTHRIE (27), BALD (1,3) et LAUFFER et PRICE (14) en étudiant la relation entre la concentration de virus et le nombre de lésions locales, ont introduit différentes équations interprétant cette relation. Etant donné que la production des lésions dépend d'une série

de facteurs inconnus, les équations introduites n'ont pas réussi en général à suivre les données de diverses courbes de dilution obtenues dans des conditions expérimentales variées. Devant la complexité du problème SPENCER et PRICE (24) ont admis que pour l'application pratique de la méthode des lésions locales il n'est pas nécessaire de connaître la relation entre la concentration du virus et le nombre de lésions. Il suffit seulement de considérer que dans une certaine région de la courbe le logarithme du nombre de lésions produites est une fonction linéaire de la concentration du virus. Ces auteurs reconnaissent bien que cette considération ne correspond pas à la réalité absolue car les données de certaines de leurs expériences ont fourni des graphiques présentant une déviation de linéarité, mais ils ont constaté que celle-ci n'affecte pas la précision des estimations de l'activité des virus.

Afin de mesurer la différence d'activité (1) entre deux préparations de virus, SPENCER et PRICE (24) ont démontré qu'il était nécessaire de prendre en considération non seulement le nombre de lésions produites mais en même temps la loi de leur diminution en fonction de la dilution. C'est pourquoi il faut mesurer la pente de la courbe de dilution qui n'est pas constante pour chaque expérience.

III. — MÉTHODES ET MATÉRIEL

En général, les méthodes utilisées et le calcul statistique des résultats se basent sur les travaux de SPENCER et PRICE (24), PRICE et SPENCER (17, 18) et PRICE (16).

1. Plantes expérimentales

Pour les essais portant sur le virus X, nous avons utilisé comme plante expérimentale une *Amarantaceae* hypersensible *Gomphrena globosa L.* (WILKINSON et BLODGETT (25). Les feuilles de cette plante réagissent à l'inoculation du virus X en formant des lésions nécrotiques circulaires bordées par une zone rouge violacée. Les taches sont bien formées, faciles à distinguer et à compter. De plus, la plante possède des feuilles opposées et par conséquent la différence de sensibilité entre feuilles peut être diminuée en utilisant les deux feuilles issues du même nœud. Le seul défaut qu'on pourrait lui attribuer est la forme étroite de ses feuilles, mais nos expériences montrent que sur la moitié d'une feuille on peut obtenir avec un jus virulent dilué au 1 : 10 jusqu'à 55 lésions et à la dilu-

(1) L'activité d'un virus est synonyme du pouvoir infectieux ou du pouvoir pathogène et tous les trois termes sont interchangeables dans ce travail. Cependant il faut distinguer que deux préparations d'un même virus n'ont pas nécessairement la même activité en teneur égale en protéine virus.

tion 1 : 50, 30 lésions (fig. 1). Ces chiffres permettent de réaliser une étude quantitative valable. Les plantes ont été utilisées au stade de préfloraison. A ce moment elles possèdent deux ou trois étages de feuilles bien développées, et puisque pour chaque expérience nous utilisions deux feuilles, une plante pouvait nous servir pour deux ou trois expériences. Aussitôt que le bouton floral apparaît, les plantes ne sont plus utilisables car elles perdent leur senslbilité. L'apparition des lésions dépend de la température. A des températures supérieures à 25° C elles commencent à apparaître au bout de 2 ou 3 jours, mais à des températures comprises entre 20 et 25°C, il faut compter 4 à 6 jours. Nous dénombrons les lésions 8 à 10 jours après l'inoculation.



FIG. 1. — Deux paires de feuilles de *Gomphrena globosa* appartenant aux 9e et 2e plantes de l'expérience n° 2 (Tableau III). Les quatre moitiés de feuille de chacune de deux paires portent les dilutions 1 : 10 (*a*), 1 : 100 (*b*), 1 : 200 (*c*) et 1 : 2 000 (*d*) avec un nombre de lésions *a* (45-55), *b* (31-23), *c* (16-17) et *d* (6-2).

L'emploi du *Nicotiana tabacum* et du *N. glutinosa* comme plantes expérimentales pour le virus X ne nous a pas paru opportun, car leur réaction varie en fonction de la température et de la souche de virus utilisée. Certaines souches ne donnent pas de lésions primaires. Les autres n'en fournissent en nombre suffisant que si la température est peu élevée.

De plus elles sont parfois mal définies ou coalescentes, ce qui en rend souvent la numération difficile.

Pour les expériences sur le virus de la Mosaïque du Tabac, la plante utilisée était le *Nicotiana glutinosa*. Nous nous servions de deux feuilles bien développées de chaque plante ayant poussé sur des nœuds voisins. On comptait normalement les lésions 4 à 6 jours après l'inoculation. Il fallait cependant attendre 6 à 8 jours lorsque la température était basse (au dessous de 20°).

2. — Combinaison expérimentale

Pour tous nos essais, nous avons employé l'arrangement que SPENCER et PRICE (24) ont nommé Schéma 1. Ce schéma permet la comparaison de deux échantillons étudiés chacun à deux dilutions différentes sur

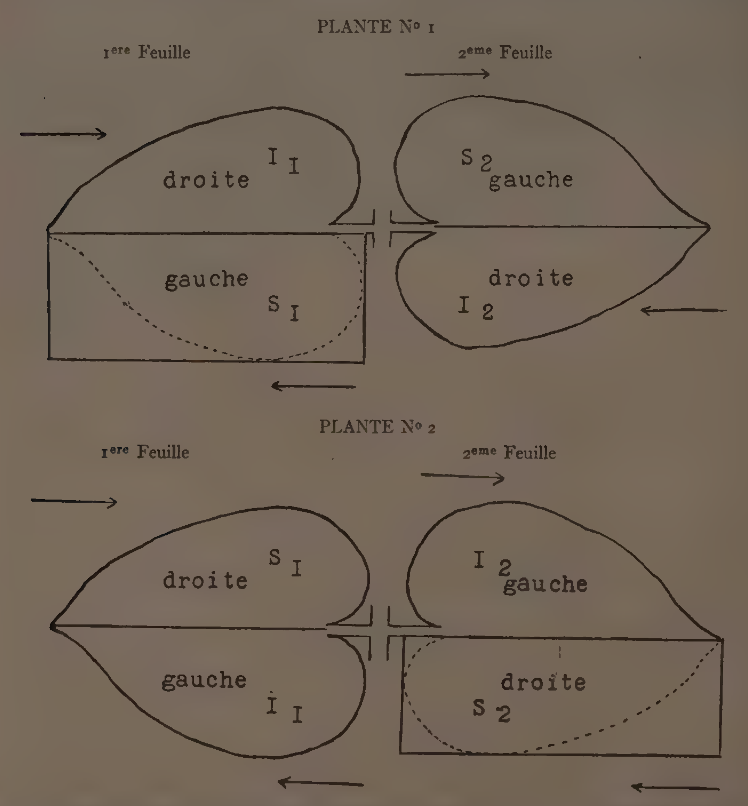


FIG. 2. — Mode de comparaison de deux échantillons de virus. S_1, S_2, I_1, I_2, représentent les quatre dilutions du standard et de l'inconnu.
Les flèches montrent la direction vers laquelle s'exerce la pression.
La partie de la feuille en ligne pointillée est la partie couverte par le papier de verre.

une paire de feuilles. On applique la même dilution de chacun des deux échantillons sur les deux moitiés de la première feuille et les deux autres sur les deux moitiés de la deuxième feuille. Puis en utilisant une deuxième plante on applique les dilutions de la même façon avec la seule différence que chez la deuxième plante la dilution qui a été appliquée à la moitié gauche s'applique à la moitié droite et inversement. Cette disposition est représentée sur la figure 2, l'échantillon étudié étant désigné sous le nom d' « inconnu » (I) et celui qui sert de témoin de comparaison étant appelé « standard » (S).

Nous avons choisi ce schéma parce qu'il permet la comparaison de deux échantillons successivement sur les moitiés gauches et droites éliminant ainsi les différences entre deux moitiés. D'autre part d'après les auteurs c'est le schéma qui a donné les meilleurs résultats.

Nous entendons par moitié gauche et droite de la feuille les moitiés occupant cette position par rapport au pétiole et non par rapport à l'opérateur (fig. 2).

Dans nos essais nous avons toujours utilisé seize plantes pour chaque expérience. Sur huit d'entre elles (numéros impairs) une feuille recevait la dilution S_1 du standard sur la moitié gauche et la dilution I_1 de l'inconnu sur la moitié droite, tandis que l'autre recevait S_2 à gauche et I_2 à droite. Sur les huit autres plantes (numéros pairs) la disposition était inversée (fig. 2).

3. — Origine des préparations virulentes et des dilutions utilisées

Dans toutes les expériences nous nous servions du virus provenant d'extraits de plantes. Un certain nombre de Tabacs inoculés par le virus X de la Pomme de terre (souche isolée de la variété Arran Banner) et le virus de la Mosaïque du Tabac et renouvelés périodiquement constituaient la source d'inoculum. Le jus extrait par broyage des feuilles était clarifié par une centrifugation de 20 minutes à 5 000 tours/min. Le jus brut obtenu constituerait le « standard «. L' « inconnu « [1] était représenté par une dilution à l'eau distillée [2] du standard.

Pour comparer les deux échantillons ainsi préparés, nous faisions deux dilutions, de chacun, identiques pour l'un et l'autre. Dans le cas du virus X les dilutions préférées étaient principalement $10^{-1,70}$ et $10^{-2,70}$, mais

(1) La préparation appelée « inconnu » est en réalité connue. Nous avons employé ce terme artificiel pour faire correspondre à la préparation qui serait telle dans un essais normal. Dans nos essais qui ont pour but de rechercher la précision de la méthode, les valeurs de l' « inconnu » doivent être déterminées à l'avance en vue d'apprécier le degré de concordance entre les résultats et les valeurs réelles.

(2) Pour les dilutions nous avons choisi l'eau distillée au lieu d'un tampon parce que, après les expériences de BALD (2) pour le virus X non purifié, les dilutions jusqu'à 1 : 1950 à l'eau distillée donnent plus de lésions que les dilutions effectuées avec une solution tampon.

dans certaines expériences où la concentration du virus mère était faible ou au contraire forte, les dilutions étaient 10^{-1} et 10^{-2} ou 10^{-2} et 10^{-3}.

Pour le virus de la Mosaïque du Tabac, nous avons toujours employé les dilutions 10^{-2} et 10^{-3}.

Les deux dilutions identiques du standard et de l'inconnu (correspondant d'ailleurs à des teneurs différentes en virus puisque la concentration initiale de ces deux préparations n'est pas la même) permettent de comparer leur activité à chacune des dilutions considérées et de plus, d'établir pour chacun la courbe de dilution dont l'importance a été signalée plus haut.

4. — Technique d'inoculation

La plante utilisée pour tester le virus X (*Gomphrena globosa*) étant difficilement inoculable par simple frottement avec le doigt ou au moyen d'un morceau d'étoffe, l'utilisation d'un abrasif est inévitable. Jusqu'à présent on mettait l'abrasif soit dans l'inoculum, soit sur la feuille. Mais quelles que soient les précautions prises, le frottement avec la spatule ou le doigt déplace l'abrasif sur la feuille. Son abondance varie ainsi d'une région à l'autre du limbe, ce qui introduit une cause d'erreur puisque les blessures servant de porte d'entrée au virus sont ainsi plus nombreuses dans certaines régions que dans d'autres. Les modifications que nous avons apportées à la technique d'inoculation ont pour but d'éviter cet inconvénient. Le résultat recherché était la production d'un nombre de blessures aussi constant que possible par unité de surface foliaire. Il faut en effet donner aux unités infectieuses contenues dans les différents inoculums les mêmes possibilités d'entrée dans la feuille et laisser varier seulement l'activité du virus qui est à mesurer. Nous avons pensé que l'application sur le limbe, avec une pression contrôlée, d'une surface plane couverte d'une fine couche d'abrasif répartie de façon homogène aurait les plus grandes chances d'approcher de cet idéal. Dans ce but nous avons choisi le papier de verre. Les petits grains de silicate du papier constituent un abrasif déjà utilisé sous forme de sable par les virologistes cités auparavant. Notre choix n'a d'ailleurs pas été guidé par la qualité de l'abrasif, mais uniquement par la recherche d'une distribution uniforme des grains. Or celle-ci est particulièrement bien réalisée au cours de la préparation industrielle du papier de verre.

Pour les inoculations nous utilisions un papier de verre commercial (marque C. E. T. A.) nº 1, des expériences préliminaires ayant montré que ce grain était assez fin pour éviter des blessures susceptibles d'endommager les feuilles. D'après les dimensions des feuilles nous préparions pour chaque expérience 64 fragments rectangulaires équivalents couvrant chacun complètement la surface d'une moitié de feuille (fig. 2). Chaque fragment était ainsi utilisé pour inoculer une seule moitié de feuille.

Après préparation des dilutions S_1, S_2, du standard et I_1, I_2 de l'inconnu, le protocole utilisé était le suivant :

Avec chaque dilution nous inoculions d'abord les moitiés gauches des feuilles sur huit plantes, puis les moitiés droites correspondantes des huit autres. Pour l'inoculation, nous tenions le morceau de papier de verre entre le pouce et l'index de la main gauche (fig. 3A). A l'aide d'une pipette

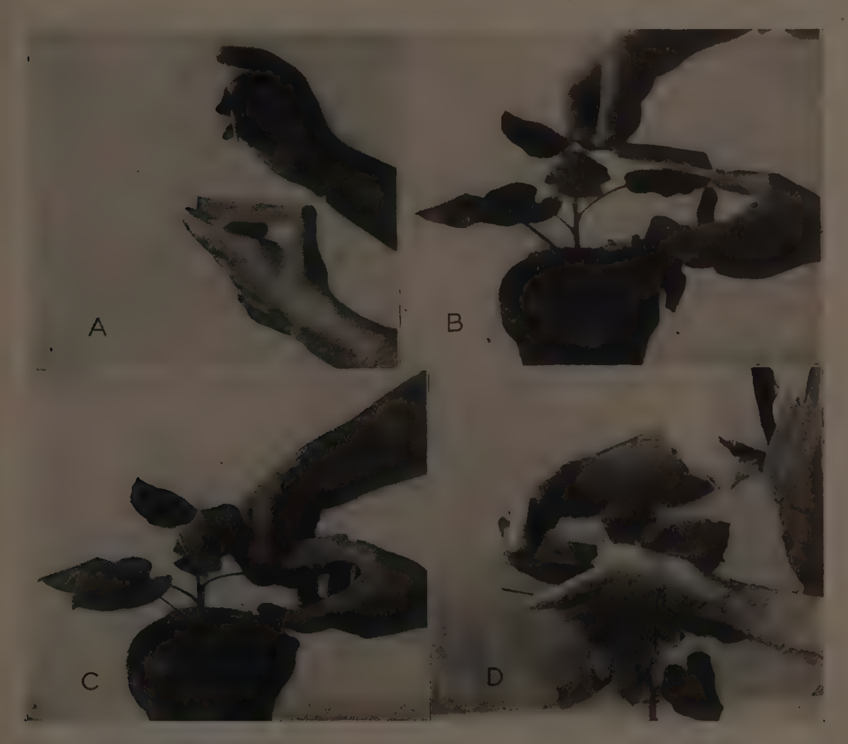


FIG. 3. – Mode d'inoculation : A. Application de l'inoculum sur le papier de verre. B. Tenu par le bout, le morceau est posé sur la feuille. C. Mode de pression. D. Inoculation des moitiés droites des feuilles.

de PASTEUR tenue dans la main droite, nous prenions une quantité d'inoculum suffisante pour mouiller toute la surface du papier après étalement avec l'extrémité de la pipette. Puis nous prenions le morceau de papier de verre dans la main droite avec laquelle nous l'appliquions sur la moitié de la feuille à inoculer, après l'avoir renversée pour éliminer l'excès d'inoculum (fig. 3B). La quantité de l'inoculum restant sur le papier doit être suffisante pour mouiller convenablement la feuille, un excès doit par contre être évité, le liquide ne devant pas se répandre dans l'autre moitié de la feuille sous l'effet de la pression. Au-dessous de la feuille nous placions avec la main gauche une plaque de verre pour supporter la feuille et faci-

liter la pression (fig. 3B). Après avoir appliqué le morceau de papier, nous commencions à presser délicatement avec le pouce de la main droite en commençant par la base de la feuille et en allant vers l'extrémité (fig. 3C). L'index de la main droite se trouvant sous la feuille et la plaque de verre, le pouce se déplace régulièrement d'un bout à l'autre en exerçant toujours la même pression sur les régions successives de la surface foliaire. Avec un peu d'entraînement on parvient à faire travailler le doigt machinalement en exerçant toujours la même pression. Celle-ci peut être forte ou faible mais il est nécessaire qu'elle soit uniforme pour toutes les moitiés de feuilles d'une même expérience. Une pression excessive doit cependant être évitée afin de ne pas écraser la feuille. Un léger écrasement survient éventuellement au niveau des nervures secondaires mais son effet n'a pas d'importance pour le fonctionnement physiologique de la feuille et nous ne croyons pas qu'il puisse introduire un facteur influençant le nombre de lésions locales.

Pour l'inoculation des moitiés droites, il est nécessaire d'opérer également avec le pouce de la main droite en vue d'obtenir la même pression. Pour y réussir aussi commodément que possible, nous faisions pivoter la plante de 180° de façon à amener la moitié droite, primitivement à gauche de l'opérateur, sur la droite de celui-ci qui se trouve alors de l'autre côté de la plante par rapport à la feuille à inoculer (fig. 3D). Dans ce dernier cas nous sommes obligés d'exercer la pression en commençant au sommet de la feuille et en allant vers la base.

Étant donné que les surfaces des moitié de feuilles sont les mêmes et la pression uniforme, on peut s'attendre à ce que le nombre des blessures produites soit le même (fig. 4).

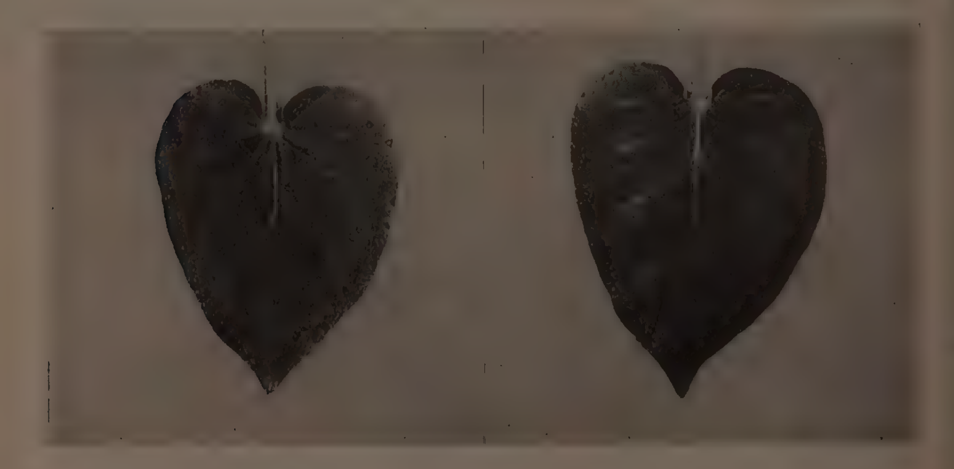


Fig. 4. — Distribution des lésions. A gauche la dilution 1 : 100 et à droite la dilution 1 : 1 000 appliquées sur les deux moitiés de chacune des feuilles de *Nicotiana glutinosa* ont fourni à peu près le même nombre de lésions (28 : 26, 9 : 8).

IV. — CALCUL DE L'ACTIVITÉ DE L'INCONNU

Afin de calculer l'activité de l'inconnu par rapport au standard nous avons emprunté pour nos essais la méthode de SPENCER et PRICE (24) et PRICE et SPENCER (17, 18).

Cette méthode permet, en utilisant des coefficients orthogonaux, d'estimer d'une part la différence des pouvoirs infectieux de deux échantillons de virus (exprimée par la différence des logarithmes du nombre de lésions) et d'autre part la pente de la courbe de dilution par laquelle cette différence se transforme en rapport des pouvoirs étudiés. Nous donnons ci-dessous certains détails de la méthode appliquée sur nos expériences.

Le dénombrement des lésions locales nous donne pour chaque dilution huit numérations pour la moitié gauche et autant pour la moitié droite. Pour éviter les multiples calculs nous condensons les résultats de deux plantes en un seul. C'est ainsi qu'on totalise le nombre de lésions de la plante n° 1 et celui des lésions de la plante n° 3 ; les lésions de la plante n° 5 avec celles de la plante n° 7 etc. On ajoute également les lésions de la plante n° 2 à celles de la plante n° 4 etc. Les paires de plantes ainsi constituées forment les groupes et de cette façon nous obtenons huit groupes pour chacune des quatre dilutions.

Pour expliquer suffisamment les calculs réalisés, nous reproduisons les résultats d'une de nos expériences (n° 12) faite pour le virus X et dans laquelle l'activité de l'inconnu était 0,5 de l'activité du standard. Pour cette expérience, nous avons employé les dilutions $10^{-1,70}$, $10^{-2,70}$.

Le tableau I donne d'une part les nombres de lésions et d'autre part ces nombres convertis en logarithmes à base 10.

Pour calculer l'activité de l'inconnu par rapport au standard, nous employons l'équation donnée par SPENCER et PRICE (24).

$$\text{Log M} = \frac{dI\Sigma(x)^2}{bN} \ldots \quad (1)$$

Cette équation qui constitue une modification de celle donnée par BLISS et MARKS (8) a été adaptée par les auteurs ci-dessus à l'évaluation du logarithme du rapport des pouvoirs infectieux de deux échantillons.

Les différents symboles de l'équation représentent les valeurs suivantes :

log M : logarithme du rapport du pouvoir infectieux de l'inconnu à celui du standard $\left(\log \frac{I}{S}\right)$.

d : facteur de différence d'activité existant entre le standard et l'inconnu.

b : facteur de pente de la courbe de dilution combinée.

x : coefficients (¹) du facteur *b*.
I : intervalle entre les logarithmes des dilutions.
N : nombre de dilutions pour les deux échantillons.

TABLEAU I

Nombre de lésions rassemblées en groupes et leurs logarithmes correspondants, provenant d'une expérience sur le virus X dans laquelle l'activité de l'inconnu est 0,5 de celle du standard.

Groupes	S_1 N. de lésions	S_1 log	I_1 N. de lésions	I_1 log	S_2 N. de lésions	S_2 log	I_2 N. de lésions	I_2 log
		G*		D		G		D
1 + 3	46	1,66	33	1,52	20	1,30	18	1,26
5 + 7	48	1,68	31	1,49	9	0,95	6	0,78
9 + 11	41	1,61	37	1,57	19	1,28	11	1,04
13 + 15	34	1,53	20	1,30	10	1,00	10	1,00
		D**		G		D		G
2 + 4	60	1,78	47	1,67	22	1,34	11	1,04
6 + 8	48	1,68	46	1,66	22	1,34	16	1,20
10 + 12	44	1,64	29	1,46	11	1,04	8	0,90
14 + 16	33	1,52	37	1,57	17	1,23	10	1,00
Totaux		13,10		12,24		9,48		8,22

* Moitié gauche. ** Moitié droite.

Coefficients de facteurs *d* et *b*

Pour le facteur *d*	— 1	+ 1	— 1	+ 1
Pour le facteur *b*	— 1	— 1	+ 1	+ 1

Pour appliquer l'équation (1) dans notre exemple numérique, il faut que nous calculions d'abord les valeurs *d* et *b*. Le facteur *d* se trouve en multipliant les totaux de logarithmes du tableau I par les coefficients du facteur *d* qui se trouvent au-dessous du tableau. Ainsi :

$$d = (-13{,}10 + 12{,}24 - 9{,}48 + 8{,}22) = -2{,}12.$$

La valeur *b* s'obtient de la même façon en multipliant les mêmes totaux par les coefficients du facteur *b* :

$$b = (-13{,}10 - 12{,}24 + 9{,}48 + 8{,}22) = -7{,}64.$$

Les symboles qui restent ont les valeurs suivantes :

$$I = -1, \qquad \Sigma(x)^2 = (-1)^2 + (-1)^2 + 1^2 + 1^2 = 4, \qquad N = 4.$$

(¹) Les coefficients pour les facteurs b et d sont des coefficients orthogonaux. BLISS et MARKS (7, 8) considèrent d'une façon détaillée l'utilisation de ceux-ci. PRICE et SPENCER (18) également en donnent des explications sur leur emploi dans le calcul du rapport des pouvoirs infectieux des virus.
Pour un certain nombre de dilutions on trouve les coefficients en question dans la table de polynômes orthogonaux (FISHER et YATES (11).

En remplaçant les valeurs ainsi obtenues dans l'équation (1) nous avons :

$$\log M = \frac{(-2{,}12) \cdot (-1) \cdot 4}{(-7{,}64) \cdot 4} = -0{,}27749$$

et

$$M = 10^{-0{,}27749} = \frac{1}{10^{0{,}27749}} = \frac{1}{1{,}894} = 0{,}5279.$$

Donc, le rapport calculé du pouvoir infectieux de l'inconnu et du standard est $\frac{1}{1{,}894}$ et il s'en suit que l'inconnu constitue les 0,5279 du standard. La valeur réelle du rapport est 0,5. Par la méthode ci-dessus elle est évaluée à 0,5279 présentant ainsi une erreur de 5,58 pour 100.

Pour avoir une mesure fidèle de l'erreur expérimentale, il faut calculer l'erreur standard de la moyenne trouvée. Pour calculer l'erreur standard, nous employons l'équation suivante donnée par Price et Spencer (18).

$$S \log M = \frac{K \cdot I}{B^2} \sqrt{B^2 V_D + D^2 V_B}. \qquad \text{(II)}$$

Dans cette équation S log M est l'erreur standard du logarithme du pouvoir infectieux.

$$K = \sqrt{\Sigma(x)^2 : \Sigma(x')^2}$$

où x et x' représentent les coefficients orthogonaux des facteurs b et d de pente et de différence.

I est l'intervalle des logarithmes de dilutions.

Tableau II

Analyse de variance

Constituants de la variation totale	Degrés de liberté	Somme des carrés	Variances
Variation :			
entre les feuilles	15	2,2513	
dans les feuilles	16	0,2139	
totale	31	2,4652	
Variation :			
entre groupes de plantes	7	0,3121	
due à la pente (B^2)	1	1,8241	
due à l'erreur (pour pente)	7	0,1151	0,0164
entre les feuilles	15	2,2513	
Variation :			
entre moitiés gauches et droites	2	0,0153	
due à la différence (D^2)	1	0,1405	
due à l'erreur (pour différence)	13	0,0581	0,0045
dans les feuilles	16	0,2139	

Les quatre facteurs qui restent B^2, V_D, D^2 et V_B se trouvent après avoir fait l'analyse de variance de l'expérience. Nous nous bornons ici à donner l'analyse de variance pour l'exemple cité ci-dessus sans entrer dans les détails des calculs (1), afin d'en tirer les facteurs B^2, V_D, D^2 et V_B qui sont nécessaires au calcul de l'erreur standard.

Dans le tableau de l'analyse de variance les facteurs V_B et V_D correspondent aux valeurs 0,0164 et 0,0045 et les facteurs B^2 et D^2 aux valeurs 1,8241 et 0,1405. D'autre part on a : K = 1 et I = (— 1). En remplaçant les valeurs numériques dans l'équation (II) nous avons :

$$S \log M = \frac{(-1)}{1{,}8241}\sqrt{(1{,}8241)\cdot(0{,}0045) + (0{,}1405)\cdot(0{,}0164)}$$

et $$S \log M = \pm\, 0{,}05620$$

Ainsi $$\log M = -\,0{,}27749 \pm 0{,}05620$$

et $$\log M = \begin{cases} -\,0{,}33369 \rightarrow M = 0{,}4638 \\ -\,0{,}22129 \rightarrow M = 0{,}6008. \end{cases}$$

Comme on l'observe, les deux valeurs ainsi obtenues renferment la valeur réelle du rapport M

$$0{,}4638 < 0{,}5000 < 0{,}6008.$$

L'évaluation de l'erreur standard nous a permis de fixer avec une probabilité 2 : 3 les limites entre lesquelles doit se trouver la valeur réelle du rapport M. Si on désire obtenir les mêmes limites avec une probabilité 95 : 100 il faut qu'on multiplie l'erreur standard par la valeur de *t* au seuil de probabilité 0,05. Pour notre expérience, en employant 13 degrés de liberté (autant que pour la variance de l'erreur pour différence) nous obtenons dans la table de *t* (Fisher et Yates (11) une valeur égale à 2,16. Or

$$S \log M = \pm\, 0{,}05620 \times 2{,}16 = \pm\, 0{,}12139$$

et $$\log M = -\,0{,}27749 \pm 0{,}12139$$

$$\log M = \begin{cases} -\,0{,}39888 \rightarrow M = 0{,}3992 \\ -\,0{,}15610 \rightarrow M = 0{,}6981 \end{cases}$$

et $$0{,}3992 < 0{,}5000 < 0{,}6981.$$

V. — EXPÉRIENCES SUR L'ÉVALUATION DU POUVOIR INFECTIEUX DU VIRUS X DE LA POMME DE TERRE

En employant la technique décrite et la méthode de calcul de l'activité de l'inconnu déjà analytiquement présentée, nous avons effectué une série de vingt expériences d'évaluation du pouvoir infectieux du virus X par rapport au standard. L'activité a été mesurée dans le cas où l'inconnu représentait les 0,05, 0,10, 0,25, 0,38, 0,50, 0,64, 0,75, 0,90 et 1,00 du standard.

(1) On trouve tous les détails nécessaires pour l'analyse de variance dans l'étude de Price et Spencer (18).

Les données de toutes les expériences sont groupées dans le tableau III. La première colonne donne l'activité de l'inconnu par rapport au standard, les deuxième, troisième, quatrième et cinquième comprennent les totaux des lésions locales dénombrées pour les deux dilutions du standard et les deux de l'inconnu. Les quatre colonnes suivantes sont occupées par les totaux de logarithmes pour les mêmes dilutions et la dernière colonne présente les dilutions utilisées. Celles-ci n'étaient pas les mêmes pour toutes les expériences. Pour les expériences n° 2, 3, 5, 6, 10 et 13, les deux dilutions étaient 10^{-1}, 10^{-2}. Pour celles des n° 17 et 18, 10^{-2} 10^{-3}, et pour le reste des essais, $10^{-1,70}$, $10^{-2,70}$.

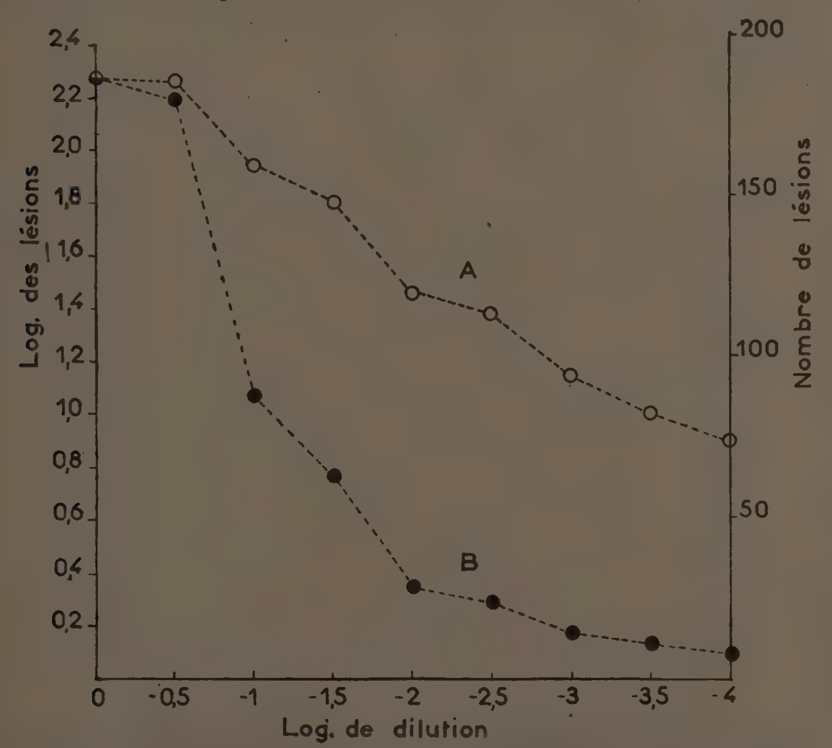


FIG. 5. — Courbe de dilution du virus X obtenue sur *Gomphrena globosa*. A. Courbe en coordonnées logarithmiques. B. Courbe en coordonnées semilogarithmiques.

Des essais préliminaires d'une part et d'autre part la courbe de dilution (1) du virus X (fig. 5) obtenue sur *Gomphrena globosa*, nous ont

(1) Afin d'obtenir la courbe de dilution du virus X, nous avons utilisé 18 plantes de *Gomphrena globosa* avec 72 moitiés de feuille. Les dilutions employées étaient préparées à l'eau distillée en utilisant comme inoculum de jus de plantes de tabac clarifié. Chacune de neuf dilutions préparées (1, 1 : 3.16, 1 : 10, 1 : 31.6, 1 : 100, 1 : 316, 1 : 1000, 1 : 3160, 1 : 10000) était répétée sur huit moitiés de feuille (quatre moitiés gauches et autant droites). L'inoculation était effectuée par la technique décrite au chapitre III.

permis de varier les dilutions dans le but d'effectuer l'évaluation de l'activité de l'inconnu dans la partie de la courbe qui pourrait donner une mesure précise, en se guidant toujours sur la concentration probable de l'inoculum utilisé comme standard. Dans la première colonne de lésions et dans le groupe des expériences effectuées aux mêmes dilutions, on observe les différences des activités présentées par le standard. Ceci est dû au fait que les expériences s'échelonnent sur une période relativement longue dans laquelle différents inoculums sont utilisés. Pourtant la diversité présentée par le nombre de lésions n'est pas due uniquement à la différence d'activité mais aussi à ce que les dimensions des feuilles aussi bien que la sensibilité des plantes n'étaient pas les mêmes pour toutes les expériences.

TABLEAU III

Nombre total de lésions et de logarithmes aux quatre dilutions différentes des expériences sur l'évaluation du pouvoir infectieux du Virus X

Exp. N°	Activité de l'inconnu par rapport au standard	Nombre de lésions				Logarithmes				Dilutions	
		S_1	I_1	S_2	I_2	S_1	I_1	S_2	I_2	S_1 et I_1	S_2 et I_2
1....	0,05	299	76	102	12	12,45	7,41	8,63	1,38	$10^{-1,70}$	$10^{-2,70}$
2 ...	0,05	693	301	379	86	15,42	12,50	13,33	7,53	10^{-1}	10^{-2}
3....	0,10	228	56	53	14	11,33	6,03	6,22	1,86	10^{-1}	10^{-2}
4....	0,10	95	32	31	7	8,08	4,20	4,09	0,90	$10^{-1,70}$	$10^{-2,70}$
5....	0,25	191	98	62	31	10,82	8,32	6,48	4,36	10^{-1}	10^{-2}
6* ..	0,25	180	53	33	18	10,76	6,08	4,36	2,28	10^{-1}	10^{-2}
7....	0,38	345	217	95	44	12,92	11,37	8,59	5,83	$10^{-1,70}$	$10^{-2,70}$
8....	0,50	183	142	51	35	10,77	9,83	6,21	4,13	$10^{-1,70}$	$10^{-2\ 70}$
9....	0,50	210	164	56	36	11,05	10,14	6,33	4,22	$10^{-1,70}$	$10^{-2,70}$
10*...	0,50	144	116	49	19	9,42	8,64	5,46	2,65	10^{-1}	10^{-2}
11....	0,50	81	64	26	17	7,92	7,06	3,74	2,28	$10^{-1,70}$	$10^{-2,70}$
12....	0,50	354	280	130	90	13,10	12,24	9,48	8,22	$10^{-1,70}$	$10^{-2,70}$
13*...	0,50	99	72	26	6	8,42	7,34	3,56	0,30	10^{-1}	10^{-2}
14....	0,64	344	307	79	38	12,94	12,43	7,62	5,28	$10^{-1,70}$	$10^{-2,70}$
15....	0,75	341	322	145	122	12,89	12,79	9,97	9,20	$10^{-1,70}$	$10^{-2,70}$
16....	0,75	23	21	6	4	3,13	2,65	0,60	0,30	$10^{-1,70}$	$10^{-2,70}$
17....	0,90	510	452	152	146	14,40	13,97	10,19	9,98	10^{-2}	10^{-3}
18....	0,90	342	285	81	91	12,97	12,34	7,86	8,41	10^{-2}	10^{-3}
19....	1,00	213	196	28	29	11,00	10,97	3,63	3,61	$10^{-1,70}$	$10^{-2,70}$
20....	1,00	235	224	47	51	11,61	11,37	5,69	6,04	$10^{-1,70}$	$10^{-2,70}$

(*) Les expériences Nos 6, 10 et 13 constituent l'application de la méthode à l'évaluation de l'activité du virus X dans l'étude des interférences de la maladie complexe de la Tomate « Streak. (24)

Dans le tableau IV la première colonne représente la valeur réelle de l'activité de l'inconnu par rapport au standard et la deuxième la valeur calculée. La colonne suivante, pour faciliter la comparaison, donne le pourcentage de l'activité de l'inconnu par rapport au standard. La quatrième colonne donne les différences observées. On constate que l'estimation la plus précise est celle de l'expérience n° 19 avec une erreur de 0,78 p. 100 et la moins précise celle de l'expérience n° 2 avec une erreur

de 16,40 p. 100. L'erreur moyenne pour toutes les expériences est calculée 8,043 p. 100 avec une déviation standard ± 4,6 p. 100. Pour douze expériences l'erreur n'a pas dépassé 10 p. 100 avec une erreur moyenne de 5,44 p. 100 et pour huit expériences a été entre 10 et 16,40 p. 100 avec une moyenne de 12,87 p. 100.

La pente de la courbe de dilution pour les vingt expériences qu'on peut examiner à la cinquième colonne du tableau IV a varié entre 0,30 et 0,92 avec une moyenne de 0,54. Les estimations les plus précises sont faites avec des pentes : 0,46, 0,40, 0,64, 0,35 et 0,61. Les estimations les plus aberrantes correspondent également à des pentes de 0,44, 0,74, 0,63, 0,61 et 0,62. Comme on peut constater, la valeur de la pente de la courbe de dilution ne se trouve pas en corrélation avec la précision des estimations.

TABLEAU IV

Résultats de l'évaluation du pouvoir infectieux du virus X

Exp. N°	Valeur réelle	Valeur calculée	Valeur calculée réduite en pourcentage	Différences	Pentes (1)
1	0,05	0,0565	113,00	+ 13,00	0,61
2	0,05	0,0582	116,00	+ 16,40	0,44
3	0,10	0,0910	91,00	— 9,00	0,58
4	0,10	0,1101	110,00	+ 10,00	0,46
5	0,25	0,2775	111,00	+ 11,00	0,52
6	0,25	0,2174	86,96	— 13,04	0,63
7	0,38	0,3659	96,28	— 3,72	0,61
8	0,50	0,5076	101,52	+ 1,52	0,64
9	0,50	0,5202	104,04	+ 4,04	0,66
10	0,50	0,4357	87,14	— 12,86	0,62
11	0,50	0,5509	110,18	+ 10,18	0,56
12	0,50	0,5279	105,58	+ 5,58	0,48
13	0,50	0,4318	86,36	— 13,64	0,74
14	0,64	0,5908	92,31	— 7,69	0,78
15	0,75	0,7351	98,01	— 1,99	0,40
16	0,75	0,6922	92,29	— 7,71	0,30
17	0,90	0,8355	92,38	— 7,62	0,51
18	0,90	0,9798	108,86	+ 8,86	0,56
19	1,00	0,9922	99,22	— 0,78	0,92
20	1,00	1,0223	102,23	+ 2,23	0,70

(1) La pente est calculée par la formule $P = \frac{2b}{N \cdot \Sigma(x)^2}$ dans laquelle

b est la pente qui entre dans le calcul du rapport logM,
N représente le nombre de groupes,
x les coefficients du facteur *b*.

Le calcul statistique de l'activité de l'inconnu se base sur l'hypothèse que les deux courbes, formées d'une part par les deux dilutions du standard et d'autre part par les mêmes dilutions de l'inconnu, sont parallèles. BLISS et MARKS (8) ont conseillé de rejeter les expériences dans lesquelles les pentes des courbes sont significativement différentes. PRICE et SPENCER (18) ont trouvé ceci inapplicable dans certains de

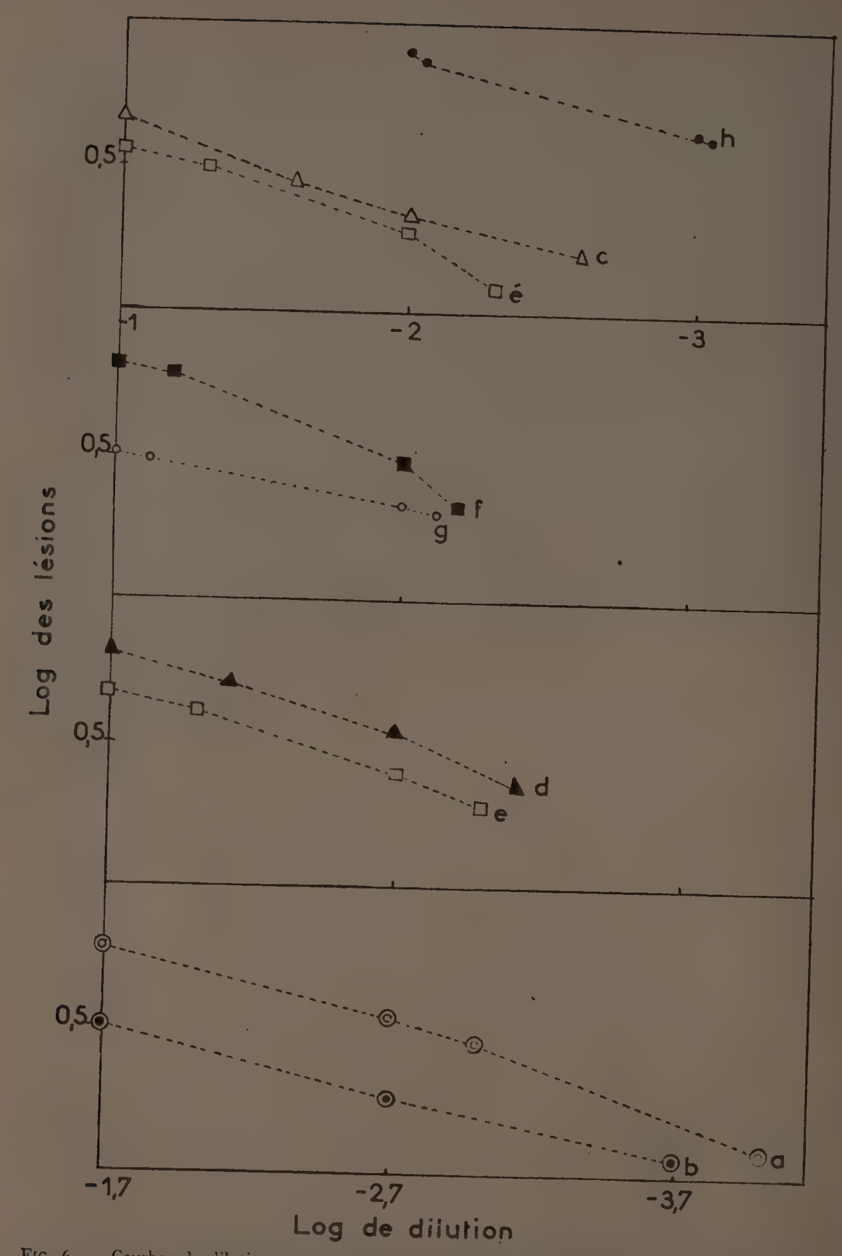


FIG. 6. — Courbes de dilution provenant de la combinaison de quatre dilutions du standard et de l'inconnu et concernant les vingt expériences effectuées pour le virus X.

a Exp. No. 1 activité de l'inconnu 0,05
b Exp. No. 4 activité de l'inconnu 0.10
c Exp. No. 5 + 6 activité de l'inconnu 0.25
d Exp. No. 7 activité de l'inconnu 0.38
e Exp. No. 8 — 12 activité de l'inconnu 0.50
é Exp. No. 10 + 13 activité de l'inconnu 0.50
f Exp. No. 14 activité de l'inconnu 0.64
g Exp. No. 15 + 16 activité de l'inconnu 0.75
h Exp. No. 17 + 18 activité de l'inconnu 0.90

leurs essais où malgré les valeurs significativement différentes des pentes des deux courbes, les estimations étaient très précises. Dans notre travail sur le virus X, en appliquant le criterium F (23) nous avons trouvé sur les vingt expériences effectuées deux cas où les courbes présentaient des pentes significativement différentes au seuil de 0,01. Il s'agit des expériences nº 1 et 2 qui ont présenté les plus grandes erreurs d'estimation, respectivement 16,4 et 13 p. 100.

Dans la figure 6, nous avons reproduit, en coordonnées logarithmiques, les courbes de dilution combinées obtenues par les données de nos essais aux différents niveaux d'activité. Pour les courbes, l'unité a été la moitié de la feuille. Ainsi les courbes *a*, *b*, *e*, *d*, *f* et *g* correspondent respectivement aux niveaux 0,05, 0,10, 0,38, 0,50 0,64 et 0,75. Les deux dilutions employées étaient $10^{-1,70}$ $10^{-2,70}$. Les courbes *c* et *e'* correspondent aux niveaux 0,25 et 0,50. Dans ce cas, les dilutions étaient 10^{-1}, 10^{-2}. Enfin la courbe *h* correspond au niveau 0,90 où les dilutions étaient 10^{-2}, 10^{-3}. Les courbes *a*, *b*, *d*, et *f* représentent les données d'une seule expérience tandis que les autres sont des courbes moyennes. On constate que pour tous les essais et avec les dilutions choisies nous avons réalisé l'évaluation de l'activité de l'inconnu plus ou moins dans la région sensible de la courbe de dilution.

VI. — EXPÉRIENCES SUR L'ÉVALUATION DU POUVOIR INFECTIEUX DU VIRUS DE LA MOSAIQUE DU TABAC

Par les mêmes méthodes employées pour le virus X, nous avons effectué une série de vingt expériences pour le virus de la Mosaïque du Tabac. Nous avons essayé d'évaluer l'activité du virus dans les cas où le pouvoir infectieux de l'inconnu était par rapport à celui du standard 0,05, 0,10, 0,25, 0,38, 0,50, 0,64, 0,75, 0,90 et 1,00. Les dilutions employées pour toutes les expériences étaient 10^{-2}, 10^{-3}.

Dans le tableau V nous avons groupé les totaux de lésions dénombrées et des logarithmes pour chaque expérience et pour les dilutions S_1, I_1, S_2 et I_2. On peut constater ici, comme dans le cas du virus X, que pour les dilutions S_1 et S_2 qui étaient les mêmes pour toutes ces expériences le nombre de lésions correspondant varie d'une expérience à l'autre. Ceci s'explique par les mêmes raisons. Le nombre moyen de lésions par moitié de feuille et pour la dilution la plus forte du standard est 49 avec une fluctuation entre 17 et 188 lésions. Ce maximum a été fourni par une seule expérience dans laquelle les feuilles utilisées étaient plus larges que d'habitude et plus jeunes, présentant ainsi une sensibilité plus grande. Dans le tableau VI, nous avons donné la valeur réelle et la valeur calculée de l'inconnu par rapport au standard pour les diffé-

Tableau V

Nombre total de lésions et de logarithmes aux quatre dilutions différentes des expériences sur l'évaluation du pouvoir infectieux sur le virus de la Mosaïque du Tabac.

Exp. N°	Activité de l'inconnu par rapport au standard	Nombre de lésions				Logarithmes				Dilutions	
		S_1	I_1	S_2	I_2	S_1	I_1	S_2	I_2	S_1 et I_1	S_2 et I_2
1....	0,05	392	156	215	52	13,30	10,18	11,26	5,50	10^{-2}	10^{-3}
2....	0,05	270	110	151	31	12,07	8,79	9,95	4,01	»	»
3....	0,10	411	178	192	31	13,47	10,50	10,73	4,16	»	»
4....	0,10	3 021	1 708	1 514	416	20,60	18,54	18,21	13,65	»	»
5....	0,25	379	181	89	27	13,20	10,66	8,00	3,71	»	»
6....	0,25	648	350	215	117	15,14	12,92	10,99	8,54	»	»
7....	0,38	717	617	245	66	15,23	14,81	11,52	6,79	»	»
8....	0,50	862	659	327	252	16,01	15,08	12,68	11,59	»	»
9....	0,50	782	560	265	187	15,74	14,64	11,85	10,76	»	»
10....	0,50	725	472	178	96	15,59	14,11	10,60	8,44	»	»
11....	0,50	915	805	298	184	16,30	15,71	12,37	10,66	»	»
12....	0,50	1.189	867	454	274	17,25	16,17	13,74	12,07	»	»
13....	0,64	636	576	312	236	14,98	14,70	12,48	11,60	»	»
14....	0,75	498	377	127	118	14,13	13,14	9,23	8,99	»	»
15....	0,75	394	327	143	126	13,36	12,73	9,72	9,24	»	»
16....	0,75	438	429	153	133	13,81	13,60	10,04	9,65	»	»
17....	0,90	424	458	190	183	13,69	13,82	10,79	10,46	»	»
18....	0,90	549	475	251	236	14,66	14,15	11,79	11,68	»	»
19....	1,00	1 516	1 374	460	487	18,21	17,84	13,72	14,20	»	»
20....	1,00	861	938	286	233	16,18	16,49	12,26	11,53	»	»

Tableau VI

Résultats d'évaluation du pouvoir infectieux du virus de la Mosaïque du tabac

Exp. N°	Valeur réelle	Valeur calculée	Valeur calculée réduite en pourcentage	Différences	Pentes
1..........	0,05	0,0477	95,40	— 4,60	0,42
2..........	0,05	0,0461	92,20	— 7,80	0,43
3..........	0,10	0,0889	88,90	— 11,10	0,56
4..........	0,10	0,1232	123,20	+ 23,20	0,45
5..........	0,25	0,2741	109,64	+ 9,64	0,76
6..........	0,25	0,2835	113,40	+ 13,40	0,53
7..........	0,38	0,3639	95,76	— 4,24	0,73
8..........	0,50	0,5056	101,12	+ 1,12	0,42
9..........	0,50	0,5114	102,28	+ 2,28	0,47
10..........	0,50	0,4556	91,12	— 8,88	0,66
11..........	0,50	0,5545	110,90	+ 10,90	0,56
12..........	0,50	0,4351	87,02	— 12,98	0,47
13..........	0,64	0,6207	96,98	— 3,02	0,35
14..........	0,75	0,7313	97,50	— 2,50	0,56
15..........	0,75	0,6988	93,17	— 6,83	0,44
16..........	0,75	0,8337	111,16	+ 11,16	0,48
17..........	0,90	0,9290	103,22	+ 3,22	0,39
18..........	0,90	0,7654	85,04	— 14,96	0,33
19..........	1,00	1,0307	103,07	+ 3,07	0,50
20..........	1,00	0,8968	89,68	— 10,32	0,55

rents niveaux d'activité, le pourcentage de l'inconnu par rapport au standard, les différences observées et les pentes calculées.

L'erreur moyenne des estimations de l'activité de l'inconnu, pour les vingt expériences, est 8,261 ± 5,52 p. 100 avec des valeurs limites 1,12 et 23,20 p. 100. Pour huit expériences, la différence ne dépasse pas 5 p. 100 avec une moyenne de 3,00 p. 100, pour quatre expériences elle se trouve entre 5 — 10 p. 100 avec une moyenne de 8,29 p. 100, pour sept expériences elle se place entre 10 — 15 p. 100 avec une moyenne de 12,12 p. 100 et c'est uniquement dans une expérience qu'elle a dépassé 20 p. 100.

La pente a varié entre 0,33 et 0,76 avec une moyenne de 0,50. Les meilleures estimations sont faites avec des pentes de 0,73, 0,42, 0,47, 0,56, et 0,39 et les moins satisfaisantes avec des pentes de 0,45, 0,33, 0,53, 0,47 et 0,56. On remarque que, comme dans le cas du virus X, la valeur de la pente ne joue pas un rôle important pour la précision des estimations.

En employant le test F pour la signification du parallélisme des courbes, nous avons constaté que parmi les vingt expériences deux d'entre elles ont présenté les pentes non parallèles. Il s'agit des expériences n° 4 qui a présenté l'erreur de 23, 20 p. 100 et n° 7 qui malgré ce fait a fourni une précision très satisfaisante à l'estimation de l'inconnu, présentant une erreur de 4,24 p. 100.

Dans la figure 7 nous présentons les graphiques des courbes de dilutions combinées moyennes obtenues pour les différents niveaux d'activité. On peut constater que les dilutions utilisées ont permis de mesurer l'activité de l'inconnu plus ou moins dans la partie descendante de la courbe de dilution.

VII. — ÉPREUVES DE SIGNIFICATION

I. Afin de contrôler si le procédé expérimental suivi pour les deux virus étudiés ne renferme pas des erreurs systématiques qui pourraient éventuellement créer les différences observées à la cinquième colonne des tableaux IV et VI, il faut examiner la signification de la différence moyenne. Celle-ci ne doit pas être significativement différente du zéro.

Pour déterminer la signification de cette différence, nous employons le criterium t donné par la formule $t = \frac{\bar{d}}{e\bar{d}}$ où $\bar{d}$ représente la différence moyenne et $e\bar{d}$ l'erreur standard de la différence. On calcule ce dernier par la formule :

$$e\bar{d} = \sqrt{\frac{S(d - \bar{d})^2}{n(n - 1)}}.$$

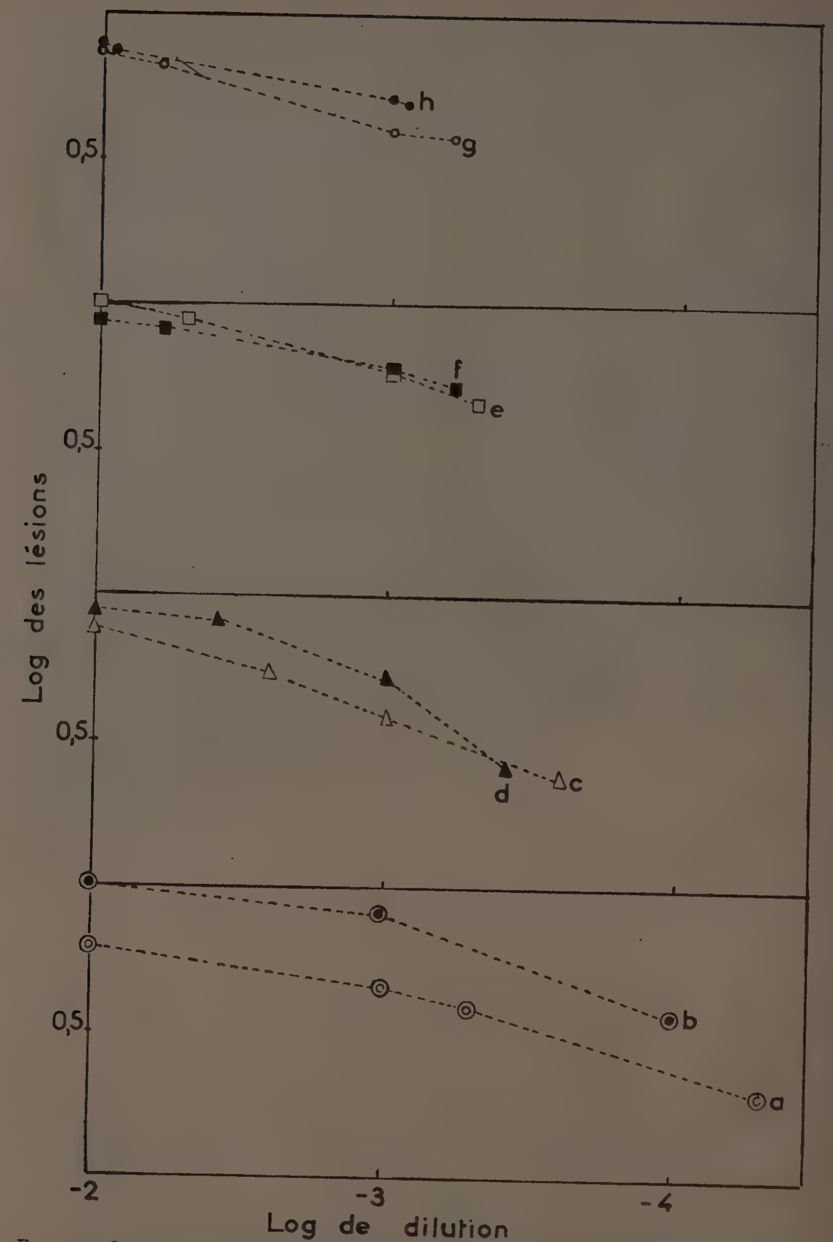


FIG. 7. — Courbes de dilution provenant de la combinaison de quatre dilutions du standard et de l'inconnu et concernant les vingt expériences effectuées pour le virus de la Mosaïque du Tabac.

a Exp. No. 1 + 2 activité de l'inconnu 0.05
b Exp. No. 3 + 4 activité de l'inconnu 0.10
c Exp. No. 5 + 6 activité de l'inconnu 0.25
d Exp. No. 7 activité de l'inconnu 0.38
e Exp. No. 8 — 12 activité de l'inconnu 0.50
f Exp. No. 13 activité de l'inconnu 0.64
g Exp. No. 14 — 16 activité de l'inconnu 0.75
h Exp. No. 17 + 18 activité de l'inconnu 0.90

TABLEAU VII

Signification des différences observées à l'évaluation de l'activité de l'inconnu par rapport au standard dans les expériences sur le virus X et le virus de la Mosaïque du Tabac.

	Virus X	Virus de la Mosaïque du Tabac
$\bar{d}$	0,24	— 0,46
$e\bar{d}$	± 2,064	± 2,17
t	± 0,116	± 0,212
Pour 19 degrés de liberté	P > 0,9	P > 0,8

Dans le tableau VII on constate que la différence moyenne pour le virus X aussi bien que pour le virus de la Mosaïque du Tabac n'est pas significativement différente du zéro et par conséquent les différences observées peuvent être attribuées au hasard avec des probabilités supérieures à 0,9 pour le premier virus et 0,8 pour le deuxième.

II. PRICE et SPENCER (18) en introduisant l'équation II pour le calcul de l'erreur standard se sont trouvés dans l'obligation d'examiner si celui-ci constitue une mesure fidèle de l'erreur des estimations. En effet, ils l'ont démontré pour tous les virus étudiés, mais ils n'ont pas pu le certifier pour le virus de la Mosaïque de la Luzerne. Pour cette raison nous sommes obligés d'examiner dans le cas des deux virus que nous avons étudiés si l'erreur standard représente une telle mesure.

Nous appliquons ici une des épreuves utilisées par les auteurs ci-dessus : nous calculons d'abord le rapport,

$$\frac{\log \text{M réel} - \log \text{M calculé}}{\text{S} \log \text{M}}$$

pour chacune des vingt expériences sur le même virus.

Les valeurs qui en résultent sont des valeurs de t et elles doivent être irrégulièrement distribuées avec 13 degrés de liberté.

Pour contrôler la distribution de ces valeurs nous examinons la signification de la moyenne $\bar{t}$. Celle-ci ne doit pas être significativement différente du zéro. En employant le criterium t nous avons trouvé en effet que la moyenne $\bar{t}$ n'est pas significativement différente du zéro au seuil 0,7 pour le virus X et 0,4 pour le virus de la Mosaïque du Tabac. Ceci prouve que la distribution des valeurs de t peut être attribuée au hasard.

Cette épreuve nous permet de conclure que l'erreur standard dans le cas du virus X aussi bien que celui du virus de la Mosaïque du Tabac constitue une mesure fidèle de l'erreur des estimations.

VIII. — DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Beale (4) en étudiant la précision que la méthode des lésions locales peut fournir dans les estimations du pouvoir infectieux des virus a montré que pour le virus de la Mosaïque du Tabac une différence d'activité de 50 p. 100 peut être décelée en utilisant 16 plantes de *Nicotiana glutinosa* de 6 feuilles. En augmentant le nombre de plantes on parvient

Tableau VIII

Comparaison du nombre de lésions locales produites par les mêmes dilutions sur des surfaces foliaires équivalentes

	Activité de l'inconnu par rapport au standard	S_1	I_1	S_2	I_2	Dilutions
Virus X						
Exp. n° 3	0,1		56*	53*		1 : 100
Exp. n° 4	0,1		32*	31*		1 : 500
Exp. n° 19	1,0	13	12	28*	29*	1 : 50[a] — 1 : 500[b]
Exp. n° 90	1,0	15	14	47*	51*	1 : 50[a] — 1 : 500[b]
Virus de la Mosaïque du Tabac						
Exp. n° 3	0,1		11	12		1 : 1 000
Exp. n° 4	0,1		107	95		1 : 1 000
Exp. n° 19	1,0	95	86	29	30	1 : 100[a] — 1 : 1 000[b]
Exp. n° 20	1,0	54	58	18	15	1 : 100[a] — 1 : 1 000[b]

* Les chiffres représentent le nombre total de lésions produites sur seize moitiés de feuille. Les autres chiffres représentent le nombre moyen par moitié de feuille.
a. La dilution correspond à la première paire de nombres.
b. La dilution correspond à la deuxième paire de nombres.

à distinguer des différences pouvant aller jusqu'à 25 p. 100. De même Loring (15) a trouvé que des différences de 10 p. 100 peuvent être décelées en employant 40-50 feuilles de *Phaseolus vulgaris* pourvu que l'inoculum contienne 10^{-6} g par cc de virus purifié de la Mosaïque du Tabac. Avec *Nicotiana glutinosa* comme plante expérimentale il n'a pas pu distinguer des différences de moins de 20 p. 100.

En dehors des problèmes dans lesquels il nous suffit de connaître s'il existe une différence d'activité entre deux préparations de virus, il y en a d'autres qui nécessitent de mesurer cette différence. Spencer et Price (2), Price et Spencer (17, 18) et Price (16) ont démontré qu'on peut mesurer la différence du pouvoir infectieux entre deux échantillons avec une erreur moyenne de 10 p. 100 pour le virus de la Mosaïque du Tabac, 11, 14 et 18 p. 100 respectivement pour les virus de la Necrose

du Tabac, du Ring — spot du Tabac et de la Mosaïque de la Luzerne et 10-15 p. 100 pour le virus de la Southern — mosaic du Haricot. Pour le premier virus ils ont utilisé 36 plantes de *Phaseolus vulgaris* avec 144 moitiés de feuille, et pour les autres 54 plantes avec 216 moitiés de feuille.

Traitant la même question pour le virus X de la Pomme de terre et le virus de la Mosaïque du Tabac et en nous appuyant sur les mêmes principes, nous avons été amené à évaluer la différence d'activité entre deux échantillons avec une précision présentant une erreur moyenne de 8 p. 100 pour les deux virus, en utilisant 16 plantes avec 64 moitiés de feuille.

Les facteurs principaux qui ont évidemment contribué à cette précision sont d'une part la mesure de la pente de la courbe de dilution pour chaque expérience et d'autre part l'uniformité obtenue par la technique d'inoculation adoptée. En ce qui concerne la pente, les données de nos expériences corroborent absolument les constatations faites par les auteurs cités plus haut sur l'impossibilité d'évaluer la différence entre deux préparations en s'appuyant uniquement sur le rapport des lésions produites [1] et prouvent qu'on est obligé, pour des estimations exigeant une précision, de prendre en considération la pente de la courbe de dilution. Ce fait explique probablement le désaccord entre les résultats de Loring (15) d'après lesquels une différence d'activité de moins de 20 p. 100 ne peut pas être décelée avec le *Nicotiana glutinosa* et les résultats de nos expériences.

Le calcul mathématique de l'activité de l'inconnu élaboré par Spencer et Price (24) et adopté dans nos essais est très sensible en soi. C'est-à-dire qu'un léger changement du nombre des lésions est capable de provoquer un changement considérable du rapport de l'activité calculé. Si, par exemple, dans le tableau I et à la colonne I_2 on ajoute deux lésions au nombre 6 et deux au nombre 8, le rapport calculé serait 0,5545 au lieu de 0,5279. Ceci donne une erreur de précision de 10,90 p. 100 au lieu de 5,58 p. 100 que nous avons calculé pour l'expérience. Pour faire face à cette exigence de la méthode expérimentale il faut que les lésions soient produites d'une façon assurant l'uniformité. La méthode que nous avons adoptée n'est pas idéale, certes, mais comme on l'observe dans le tableau VIII elle a répondu suffisamment à ces exigences. Dans le ta-

[1] Dans les tableaux III et V en calculant le rapport du nombre total des lésions produites pour chaque expérience $\frac{I_1 + I_2}{S_1 + S_2}$, on observe que dans le cas où la différence d'activité entre les deux échantillons est 25 p. 100 ou inférieure, la valeur provenant du rapport des lésions se rapproche de la valeur réelle avec une erreur de 2-21 p. 100 pour le virus X et 8-17 p. 100 pour le virus de la Mosaïque du Tabac. Si la différence entre les deux échantillons est supérieure à 25 p. 100, la valeur fournie par le rapport des lésions s'éloigne largement de la valeur réelle et l'erreur des estimations va en augmentant au fur et à mesure que la différence augmente. Ainsi dans le cas du virus X aussi bien que dans celui du virus de la Mosaïque du Tabac, pour des différences 25-95 p. 100 entre le standard et l'inconnu l'erreur des estimations présente respectivement les valeurs 27-620 p. 100 pour le premier virus et 33-580 p. 100 pour le deuxième.

bleau VIII nous avons apporté le nombre total ou moyen des lésions produites pour les mêmes dilutions des expériences n° 3, 4, 19 et 20 pour les deux virus. On constate facilement que s'il n'y a pas une coïncidence absolue du nombre des lésions, la différence est quand même insignifiante. Ceci pourrait encourager l'application de la méthode à d'autres virus difficilement inoculables où l'utilisation de la poudre de carborundum n'assurerait probablement pas l'uniformité demandée.

Le *Gomphrena globosa* a été satisfaisant pour les estimations du virus X. Les meilleurs résultats sont obtenus dans le cas où la plus forte dilution a donné 10-23 lésions par moitié de feuille. Pour le *Nicotiana glutinosa* les meilleurs résultats sont obtenus avec 32-74 lésions par moitié de feuille.

La méthode que nous avons employée présente le défaut de permettre uniquement la comparaison entre deux échantillons de virus. Dans le cas du virus X, en utilisant les quatre feuilles bien développées de la plante *G. globosa*, on pourrait comparer trois échantillons en considérant l'un comme standard. Dans le cas du virus de la Mosaïque du Tabac on pourrait éventuellement comparer sur la même plante quatre échantillons différents en utilisant trois paires de feuilles.

Il est possible que la méthode qui vient d'être présentée paraisse laborieuse, mais en réalité elle est très simple et rapide dans son application pratique. Pourvu que les dilutions et les morceaux de papier de verre soient préparés d'avance, le temps d'inoculation de 64 moitiés de feuilles de seize plantes ne dépasse pas une heure.

IX. — RÉSUMÉ

Une méthode a été présentée permettant la comparaison du pouvoir infectieux des virus X de la Pomme de terre et de la Mosaïque du Tabac entre deux échantillons de virus différents.

Pour les comparaisons on emploie 64 moitiés de feuilles de 16 plants de *Gomphrena globosa* pour le virus X et autant de *Nicotiana glutinosa* pour le virus de la Mosaïque du Tabac.

Une modification à la technique d'inoculation a été apportée assurant une application uniforme de l'inoculum.

L'évaluation des différences du pouvoir infectieux a été réalisée avec une erreur moyenne de 8 p. 100 pour les deux virus.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) BALD (J. G.). — The use of numbers of infections for comparing the concentration of plant virus suspensions. 1. Dilution experiments with purified suspensions. *Ann. Appl. Biol.*, **24**, 33-55, 1937.

(2) BALD (J. G.). — The use of numbers of infections for comparing the concentration of plant virus suspensions. II. Distortion of the dilution series. *Ann. Appl. Biol.*, **24**, 56-76, 1937.
(3) BALD (J. G.). — The use of numbers of infections for comparing the concentration of plant virus suspensions. IV. Modification of the simple dilution equation. *Australian Jour. Exp. Biol. and Med. Sci.*, **15**, 211-220, 1937.
(4) BEALE (H. P.). — The serum reactions as an aid in the study of filterable viruses of plants. *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, **6**, 407-435, 1934.
(5) BEST (R. J.). — The effect of environment on the production of primary lesions of plant viruses. *Jour. Australian Inst. Agric. Sci.*, **1**, 159-161, 1935.
(6) BEST (R. J.). — The quantitative estimation of relative concentrations of the viruses of ordinary and yellow tobacco mosaics and of tomato spottet wilt by the primary lesion method. *Australian Jour. Exp. Biol. and Med. Sci.*, **15**, 65-79, 1937.
(7) BLISS (C. I.) et MARKS (H. P.). — The biological assay of insulin. I. Some general considerations directed to increasing the precision of the curve relating dosage and graded responses. *Quart. Jour. Pharm. and Pharmacol.*, **12**, 82-110, 1939.
(8) BLISS (C. I.) et MARKS (H. P.). — The biological assay of insulin. II. The estimation of drug potency from a graded response. *Quart. Jour. Pharm. and Pharmacol.*, **12**, 182-205, 1939.
(9) COSTA (A. S.). — Quantitative studies with carborundum and its use in local lesion tests. *Phytopath.*, **34**, 288-300, 1944.
(10) FAJARDO (T. G.). — Studies on the mosaic disease of the bean (Phaseolus vulgaris L.) *Phytopath.*, **20**, 469-494, 1930.
(11) FISHER (R. A.) et YATES (F.). — Statistical tables. London, 1953.
(12) HOLMES (F. O.). — Local lesions in tobacco mosaic. *Bot. Gaz.*, **87**, 39-55, 1929.
(13) KALMUS (H.) et KASSANIS (B.). — The use of abrasives in the transmission of plant viruses. *Ann. Appl. Biol.*, **32**, 230-235, 1945.
(14) LAUFFER (M. A.) et PRICE (W. C.). — Infection by viruses. *Arch. Biochem.*, **8**, 449-468, 1945.
(15) LORING (H. S.). — Accuracy in the measurement of the activity of tobacco mosaic virus protein. *Jour. Biol. Chem.*, **121**, 637-647, 1937.
(16) PRICE (W. C.). — Accuracy of the local-lesion method for measuring virus activity. IV. Southern bean mosaic virus. *Amer. Jour. Bot.*, **32**, 613-619, 1945.
(17) PRICE (W. C.) et SPENCER (E. L.). — Accuracy of the local lesion method for measuring virus activity. II. Tobacco-necrosis, alfalfa-mosaic and tobacco-ringspot viruses. *Amer. Jour. Bot.*, **30**, 340-346, 1943.
(18) PRICE (W. C.) et SPENCER (E. L.). — Accuracy of the local lesion method. III. The standard deviation of the log-ratio of potencies as a measure of the accuracy of measurement. *Amer. Jour. Bot.*, **30**, 720-734, 1943.
(19) RAWLINS (T. E.) et TOMPKINS (C. M.). — The use of carborundum as an abrasive in plant-virus inoculations. (Abstr.) *Phytopath.*, **24**, 1147, 1934.
(20) RAWLINS (T. E.) et TOMPKINS (C. M.). — Studies on the effect of carborundum as an abrasive in plant virus inoculations. *Phytopath.*, **26**, 578-587, 1936.
(21) SAMUEL (G.). — Some experiments on inoculating methods with plant viruses and local lesions. *Ann. Appl. Biol.*, **18**, 494-507, 1931.
(22) SAMUEL (G.) et BALD (J. G.). — On the use of primary lesions in quantitative work with two plant viruses. *Ann. Appl. Biol.*, **20**, 70-99, 1933.

(23) SNEDECOR (G. W.). — Statistical methods. Ames Iowa, 1946.
(24) SPENCER (E. L.) et PRICE (W. C.). — Accuracy of the local-lesion method for measuring virus activity. I. Tobacco-mosaic virus. *Amer. Jour. Bot.*, **30**, 280-290, 1943.
(25) WILKINSON (R. E.) et BLODGETT (F. M.). — Gomphrena globosa, a useful plant for qualitative and quantitative work with potato virus X. (Abstr.) *Phytopath.*, **38**, 28, 1948.
(26) YOUDEN (W. J.) et BEALE (H. P.). — A statistical study of the local-lesion method for estimating tobacco mosaic virus. *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, **6**, 437-454, 1934.
(27) YOUDEN (W. J.), BEALE (H. P.) et GUTHRIE (J. D.). — Relation of virus concentration to the number of lesions produced. *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, **7**, 37-53, 1935.
(28) ZACHOS (D.). — Sur un phénomène d'interference entre le virus de la Mosaïque du tabac et le virus x de la Pomme de terre, dans le cas d'une maladie complexe de la Tomate (Streak). *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences*, **238**, 269-270, 1954.

Reçu pour publication le 7 décembre 1954.

OBSERVATIONS ET EXPÉRIMENTATIONS SUR LA ROUILLE NOIRE DES CÉRÉALES ET DES GRAMINÉES AU COURS DES ANNÉES 1951 A 1953

PAR

L. GUYOT et M. MASSENOT

Laboratoire de Botanique, Ecole Nationale d'Agriculture de Grignon

---

PLAN DU MÉMOIRE

I. — **Évolution de la Rouille noire en nature.**

II. — **Comportement des variétés au champ.**

III. — **Contamination des** *Berberis* **en serre.**

IV. — **Étude expérimentale des souches de Rouille noire en serre.**

V. — **Résumé.**

Les observations en nature et les recherches expérimentales sur la Rouille noire ***(Puccinia graminis)*** des céréales et des Graminées ont été poursuivies en 1951, 1952 et 1953 au Laboratoire de Botanique de l'École Nationale d'Agriculture de Grignon de la même façon qu'au cours des années précédentes (¹). L'étude particulière de la race 40, expérimentée au cours des années 1951 à 1953, a fait l'objet d'une communication séparée (²).

I. — ÉVOLUTION DE LA ROUILLE NOIRE EN NATURE

Les premières manifestations de la Rouille noire en nature ont été observées à Grignon aux dates suivantes :

Années	sur Seigle	sur Blé	sur Avoine
1951	17 juin	28 juin	17 juillet
1952	6 juin	13 juin	3 juillet
1953	12 juin	15 juin	5 juillet

(¹) GUYOT (L.) et MASSENOT (M.) : Dix ans d'expérimentation sur la Rouille noire des céréales (1941-1950) (*Ann. Epiph.*, III, pp. 351-391, 1952).
GUYOT (L.) et MASSENOT (M.) : Observations et Expérimentations sur la Rouille noire des céréales au cours des années 1948 à 1950 (*Ann. Amélior. plantes*, 3, pp. 507-523, 1952).
(²) GUYOT (L.) et MASSENOT (M.) : A propos de la race 40 de ***Puccinia graminis tritici*** (Rouille noire du Blé) (*C. R. Ac. Agric. Fr.*, pp. 499-501, séance du 3 juin 1953).

De nombreuses Graminées appartenant aux genres *Aegilops*, *Agropyrum*, *Arrhenatherum*, *Avena*, *Briza*, *Dactylis*, *Elymus*, *Hordeum*, *Lolium*, *Phleum* et *Poa* ont porté la Rouille noire avec une intensité plus ou moins grande. Notons, en particulier, une forte attaque des *Aegilops* en 1952 et 1953, de *Briza media* en 1951 et de *Poa alpina* en 1953.

Les dégâts provoqués sur les céréales ont été peu importants en 1951 et en 1952 : en 1951 du fait de l'apparition tardive de la Rouille noire, en 1952 par suite des faibles précipitations ; en 1953 par contre, l'attaque peut être considérée comme légèrement supérieure à la moyenne. L'apparition et la dissémination de la Rouille noire sont, en effet, étroitement liées aux conditions météorologiques.

L'apparition de la Rouille noire sur le Blé, par exemple, est liée surtout aux facteurs météorologiques régnant dans les 15 jours antérieurs et réalisant des conditions favorables à la germination des spores tombant sur les feuilles de la céréale.

	pluies en mm.	temp. min.	temp. max.
	—	—	—
1951 : du 14 juin au 28 juin..........	74	6,5-16 (10,5)	13-28 (20,3)
1952 : du 30 mai au 13 juin..........	39	4 -15 (10)	19-27 (22,5)
1953 : du 1er juin au 15 juin	9,5	3 -13 (8,7)	13-22 (18,1)

L'extension de la Rouille noire est liée surtout au nombre de jours dont le parasite dispose pour se disséminer et se multiplier jusqu'à la maturité de la céréale (en moyenne le 10 juillet).

	nombre de jours	pluies en mm.	temp. min.	temp. max.
	—	—	—	—
1951 : du 28 juin au 10 juillet	13	15	7 -15 (11)	20-28 (23,5)
1952 : du 13 juin au 10 juillet	28	16	4,5-21 (12,8)	17-28 (25,8)
1953 : du 15 juin au 10 juillet	26	42	8 -18 (12,7)	18-28 (23)

La gravité de l'attaque de Rouille noire dépend enfin, dans une grande mesure, de la nature des races du parasite qui interviennent en culture.

En 1951, la Rouille noire est apparue trop tard pour faire de sérieux dégâts à Grignon, malgré que nous y ayons constaté la présence de races virulentes (races 15, 21 et surtout 40) ; à Montpellier par contre, l'attaque de Rouille noire a été violente et liée à la présence de cette dernière race.

En 1952, la race 21 a été isolée à Grignon.

En 1953, les races 15 et 21 ont été isolées dans la même localité.

En dehors de ces races virulentes, la race 14, peu virulente, s'est manifestée ici et là au cours de chacune des trois années ; un petit nombre d'autres races, également douées de virulence modeste, ont été observées en diverses régions de France et seront précisées plus loin.

Chacun des trois facteurs : précocité d'apparition, conditions météo-

rologiques réglant la dissémination, présence de races virulentes, peut être considéré comme un facteur influant sur l'intensité finale de l'attaque de Rouille noire.

II. — COMPORTEMENT DES VARIÉTÉS AU CHAMP

En 1951, le 28 juillet, sur 188 variétés de Blé en observation, 5 seulement (*Abondance, Blanc de Flandre, Gironde, Vilmorin 23, Little Club*) étaient fortement attaquées ; 34 étaient assez fortement attaquées, 132 peu atteintes et 17 indemnes (parmi celles-ci citons en particulier, *80-3, 90-2, Oro, Guatrache, Mac Murrachy, Thatcher* et plusieurs lignées de *Kenya*).

En 1952, le 21 juillet, sur 195 variétés de Blé, 6 seulement (*Pax, Petit Quinquin, Pévèle, Trésor, Vague d'épis, Vilmorin 29*) étaient fortement attaquées ; 35 étaient assez fortement atteintes, 142 peu atteintes et 12 indemnes (parmi celles-ci, citons *80-3, 90-2, Oro, Regent* et *Thatcher*).

En 1953 enfin, sur 270 variétés en observation, 70 étaient fortement attaquées, 69 assez fortement atteintes, 88 peu attaquées et 43 indemnes. Accordons une mention spéciale au comportement au champ de 79 variétés provenant d'Amérique du Sud, cultivées pour la première fois, à Grignon, en 1953 :

— sont demeurées indemnes les variétés : *Cadet, Carleton, de Monsieur Wauters, Frontana R L 2336, Gabo, Hope 1237, Hope × Reliance, Hope × Timstein R L 2477, Kenya A, Klein 40, Klein Anniversario, Marquis × Emmer, Newthatch C I 12.318, Pilot, Regent 975, Renown 7166, (R L 2267 × Redman) R L 2325, (R L 2267 × Redman) R L 2564* et *Utracan.*

— ont montré une faible attaque les variétés : *Chamorro de Hellin, Fronteira, Fundation, H 44 × Marquis, Hope × Reward, Japon 45, Japon 50, Klein Cometa rouge, Klein Granadero, Klein Orgulo, 38 M A P 0427, Mac Murrachy R L 1313, Marmin, Marquillo, Mida 12008, Pentad × Marquis, Petirojo, Planalto, Red Egyptian, Redman R L 1834, Rescue 2256, (R L 1742 × Carleton) R L 3048, (R L 2267 × Redman) R L 23275, Saunders, Seleçao passofundo, Sidney 197, Tenmark, Thatcher × Surpreza, Timstein.*

— ont révélé une attaque assez intense les variétés : *Benvenuto Yuca, Brasil, Cabezan de Goni, Cabezan de Valdegoni, Klein Alberti, 38 M A, Petiblanco, Sedonska, Wasatch C I 11925.*

— enfin se sont montrées sensibles ou très sensibles les variétés : *Cabezan alto, Catalan compacto, Exchange, Khrelof 2347, Klein 33, Klein Auro, Klein Ottowulf, Klein Progreso, Klein Universal I, Pusa × Florence 381, Red Bobs, Red Chief, Reward 1230, Rojo de Humanes, S H J,*

Sterischer Plantahofer, Suprême, Timor, Tovarsibriza, Wards prolific, Webster R L 2459, W. J. 17.

Ces observations, données à titre indicatif, n'ont pas une valeur déterminante du fait de l'intensité moyenne de l'attaque qui a sévi en 1953. Bon nombre de variétés qui se sont montrées résistantes au champ sont en effet sensibles en infection expérimentale en serre.

Les lignées, issues des croisements effectués à Grignon en 1946, 1947 et 1948 et conservées pour leur résistance à la Rouille noire, ont été remises à la Station centrale d'Amélioration des plantes qui en poursuit actuellement l'étude. De nouveaux croisements ont été effectués, en 1953, dans le but d'obtenir de nouvelles variétés résistantes aux Rouilles.

III. — CONTAMINATION DES BERBERIS EN SERRE

Le matériel téleutosporifère, récolté dans diverses régions de France sur des hôtes variés et mis a hiverner au dehors, a été utilisé au printemps pour la contamination de jeunes plants de *Berberis vulgaris* en pots.

Les résultats des essais de contamination sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Hôtes téleutosporifères	Nombre de provenances essayées			Nombre de contaminations positives sur *Berberis*		
	en 1951	en 1952	en 1953	en 1951	en 1952	en 1953
Aegilops	5	2	—	0	1	—
Agropyrum	1	4	1	0	1	1
Agrostis	—	1	—	—	1	—
Arrhenatherum	—	1	1	—	1	0
Avena	2	2	—	1	0	—
Bromus	5	—	—	1	—	—
Dactylis	1	3	1	1	1	0
Elymus	1	1	1	0	1	1
Hordeum	4	1	1	0	0	1
Koeleria	1	—	—	0	—	—
Lagurus	—	—	1	—	—	0
Lolium	1	1	—	0	0	—
Phleum	—	—	1	—	—	0
Secale	2	1	2	0	1	1
Sesleria	1	—	—	1	—	—
Triticum	14	19	4	9	4	3
Total	38	36	13	13	11	7

IV. — ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DES SOUCHES DE ROUILLE NOIRE EN SERRE

Le nombre des contaminations expérimentales réalisées a été de 6 000 en 1951, de 2 500 en 1952 et de 3 500 en 1953 (s'ajoutant aux 32 000 contaminations réalisées au cours des années 1941 à 1950).

A) Rouille noire des Blés

En 1951, 12 souches de ***Puccinia graminis*** en provenance des Blés ont été étudiées :

T 87 : à partir d'urédospores conservées au frigidaire pendant l'hiver 1950-1951 et prélevées sur Blé à Versailles en juillet 1950.
T 88 : à partir d'écidiospores issues par passage sur *Berberis* de téleutospores recueillies sur *Terroir* à Grignon, juillet 1950.
T 89 : à partir d'urédospores recueillies sur *Oro* à Montpellier (Hérault), 15 juin 1951.
T 90 : *id.* sur *Abondance* à Grignon, 30 juin 1951.
T 91 : *id.* sur *T. vulgare* à Althen-les-Paluds (Vaucluse), 6 juillet 1951.
T 92 : *id.* sur *T. vulgare* à Althen-les-Paluds (Vaucluse), 6 juillet 1951.
T 93 : *id.* sur *80-3* (= *GN*) à Montpellier (Hérault), 6 juillet 1951.
T 94 : *id.* sur Dr *Mazé* à Montpellier (Hérault), 6 juillet 1951.
T 95 : *id.* sur *Mac Murrachy* à Montpellier (Hérault), 6 juillet 1951.
T 96 : *id.* sur *Blé des Dômes* à Montpellier (Hérault), 6 juillet 1951.
T 97 : *id.* sur *Cheyenne* à Montpellier (Hérault), 6 juillet 1951.
T 98 : *id.* sur *Reliance* à Grignon, 2 août 1951.

Le tableau I résume l'essentiel des résultats procurés par les souches soumises à l'étude expérimentale.

L'identification des souches a été réalisée à l'aide des variétés différentielles nord-américaines ; le tableau II résume les résultats obtenus.

Ainsi, la race 133, d'assez faible virulence, a été, à deux reprises, isolée par nous, pour la première fois, à partir de matériel récolté en 1950.

La race 40, très virulente, a été, à quatre reprises (3 fois à Montpellier, 1 fois à Grignon), identifiée par nous en 1951, également pour la première fois.

Les races 14, 17 et 21, fréquemment isolées au cours des années antérieures, étaient également présentes en 1951.

La race 40, connue en divers pays d'Europe (Allemagne, Bulgarie, Hongrie, Italie, Pologne, Portugal, Russie) ainsi qu'en diverses régions du globe (Tunisie, Turquie, Indes, Chine), est caractérisée par la sensibilité de dix des douze variétés différentielles (en particulier de *Reliance* et de *Vernal*) et par la résistance de *Einkorn* et de *Khapli*. Douée d'une haute virulence, la race 40 a fait l'objet d'une expérimentation spéciale qui a été poursuivie au cours des années 1951,1 952 et 1953, grâce à sa conservation en serre sur jeunes plantules aux cours des hivers 1951-52 et 1952-53. Les principaux résultats qui se dégagent de cette étude sont les suivants :

a) La race 40 est la plus virulente des races actuellement connues en France ; par évaluation, pour chacune des races de ***P. gr. tritici*** reconnues dans notre pays au cours de ces dernières années, du pourcentage des degrés d'attaque élevés (> II) constatés sur 10 variétés de Blé convenablement choisies (1 sensible : *Minhardi*, 1 assez sensible : *Marquis*, 5 assez résistantes : *GH*, *Heines Kolben*, *Hope*, *Oro* et *Warren*, 3 très résistantes : *GN*, *GP* et *Thatcher*), nous avons obtenu les chiffres suivants :

race 40	83,6 %
race 15	49,8 %
race 17	45,5 %
race 21	30,2 %
race 14	16,4 %

TABLEAU I

Réaction des céréales à l'infection par les souches de ***Puccinia graminis tritici*** *en provenance des Blés (matériel infectieux récolté en 1950 pour la souche T 87 et en 1951 pour les autres souches).*

Variétés	T 87	T 89	T 90	T 91	T 92	T 93	T 94	T 95	T 96	T 97	T 98
Triticum vulgare											
Abondance	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV	IV—	III+	IV—	III+
Agror	IV—	III+	IV—	IV—	III+	III+	III+	IV—	III+	III+	III
Alba	IV—	IV—	III+	III+	III+	III+	IV—	III+	III+	III+	III
Apex	II—	IV—	III—	II+	II	III	III	I	I	III+	I+
Barbu de Crussol	III+	? II	II+	III—	III—	IV—	IV—	III	III	IV—	III+
Bladette de la Garonne	IV—	III+	—	IV—	—	III+	III+	III+	III+	III+	? II
Blé Seigle	II+	II+	III+	III+	III+	III—	III—	III+	II+	III	III+
Carlotta Strampelli	III—	? II+	O+	III	III+	II—	III+	III	III+	II—	O+
Closeaux	IV—	IV—	IV—	IV—	III+	III+	IV—	IV—	III+	IV—	III+
Colmar 145 roux	IV	III+	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—
Docteur Mazé	III+	III+	IV—	IV—	IV—	IV—	IV	III+	III+	IV—	IV—
Dômes (blé des)	I+	? III—	III+	IV—	III	II	III+	IV—	III	II	II
Espoir	III+	III+	III+	III+	III+	IV—	III+	III+	IV—	III+	III+
Étoile de Choisy	O+	IV—	O+	O+	O+	IV	O+	O+	i	III	IV—
Extra Kolben II	III	IV—	III+	II+	III—	III	III+	III—	? I	III—	III
Fondard-Crespin	III+	? II	III+	? II—	IV—	III—	IV	IV—	III+	III	i
Franc Nord	IV—	IV—	III	IV—	IV—	III—	IV—	III+	IV—	? i	i
Fylgia	III—	III	IV—	? II—	IV—	III+	III+	II+	II	III+	III+
GA	I+	III+	III—	III	O+	III+	III—	III—	i	II+	III+
GC	O+	III+	I	I—	O+	III+	II—	I	i	III	III+
GE	O+	IV—	O+	I	O+	IV—	I	I	i	III—	III+
GF	III—	III+	II—	IV—	III—	IV—	III+	IV—	i	III+	III+
GH	III	III	? III	II+	III	III+	I+	I+	III+	IV—	III—
GL	O+	III	III—	III+	II	III+	I	I	I	III	III+
GN (= 80/3 de Grignon)	i	III+	i	i	i	III+	i	i	i	III+	III—
GN (= 80/3 de Versailles)	i	III	i	i	i	III+	i	i	i	III+	III
GP (= 90/2)	i	IV—	i	i	i	IV—	i	i	i	III+	III—
Guatrache	III—	III+	? O	i	i	IV	i	O+	i	III+	IV
Hébrard	III+	III	I—	IV—	III+	III—	III+	III+	III—	II	? i
Heines II	III+	III+	III	IV—	II+	III	III—	II+	II+	II	—
Heines Kolben	O+	III+	III+	III	III	III	III	O+	II+	III	II+
Hope	I+	III	III	I	II	III+	II+	II+	II—	III	III
Hybride d'Avrilé	IV—	III+	II+	III+	III	III+	III	IV—	III+	III	III
Later	III	III	—	III+	II+	III+	III+	IV—	IV—	IV—	III+
Lille Desprez	IV—	III	III—	III+	IV—	IV—	III+	IV—	IV—	III	III+
MacMurrachy	III	III+	III	IV—	III	III—	III—	III	II+	III	III+
Magdalèna	III—	III	II—	IV	III—	IV—	III—	IV—	? O+	III+	—
Marival	IV—	III+	III+	IV—	III+	III+	III+	III+	III	III+	—
Miana	IV—	III+	III+	IV—	III+	III+	IV—	IV—	III+	III+	III+
Minhardi 3	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	III+	IV—	—	III+	IV—
Oro	i	III	i	i	i	III+	i	i	i	III+	III+
Piave 692	II+	IV—	I	I	I	III	O+	I	i	IV—	IV—
PLM 1	I+	III	III—	II+	III—	IV—	III—	III	III+	III+	III
Préparateur Étienne	IV—	III	III+	IV—	III+	IV—	III+	IV—	III	III+	III
Progress	II+	III—	III	II+	III	III+	III	III+	III—	III+	III—
Rieti 11	IV—	O	O+	II	III—	II	II—	? II	—	II	—
Suzanne Favereau	III	IV—	III	IV—	III—	III	IV—	III+	III	IV—	III
Tadépi	III+	III	III+	III+	III+	IV—	IV—	IV—	III+	III+	III
Thatcher CAN 1830	i	i	i	i	i	O	i	i	i	i	i
Thatcher	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i
Vilmorin 23	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	III+	IV—	III+	IV—	IV—
Warren	O	IV—	IV—	III	IV—	III	III+	III—	III	III+	I+
Yveline	III	III+	III+	III+	III	III	III+	III+	III+	III+	III

TABLEAU I *(suite)*

Variétés	T 87	T 89	T 90	T 91	T 92	T 93	T 94	T 95	T 96	T 97	T 98
Triticum monococcum	I	I+	0+	III—	I	I+	I	III+	—	I	I
Triticum timopheevi	III—	III—	III	III	II+	III—	II+	III	III—	II	I+
Hordeum cult.											
Bordia	II	II	II	II	II+	II	I+	II	I	I	I+
Escourgeon de Grignon	II	I+	II—	II	I+	II+	I+	III—	I	I+	II
Hexag. de Wagnonville	II+	II—	II—	II+	II	I+	I+	III—	I	I+	—
Probstdorf	II—	II—	II—	I+	II—	II+	II—	II+	I	II—	I+
Professeur Dampseaux	II+	II—	II—	II—	I+	II+	I+	II	—	I+	—

TABLEAU II

Réaction des variétés différentielles nord-américaines de Blé à l'égard des souches de ***Puccinia graminis tritici*** *en provenance des Blés (matériel infectieux récolté en 1950 pour les souches T 87 et T 88, en 1951 pour les autres souches).*

Variétés	T 87	T 88	T 89	T 90	T 91	T 92	T 93	T 94	T 95	T 96	T 97	T 98
Little Club 4066	IV—	IV—	IV	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—
Marquis 3641	III	III—	IV—	III+	III—	III+	IV—	III+	II—	IV—	III	III
Reliance 7370	i	i	IV—	i	i	i	IV—	i	i	i	IV—	III
Kota 5878	0+	0	III+	III	III—	III	III+	III—	I+	III—	IV—	III—
Arnautka 1493	0+	0	III+	III+	III+	IV—	III+	IV—	IV—	III+	III+	IV—
Mindum 5296	0+	0	IV—	IV—	III+	IV—	III+	IV—	IV—	IV—	III+	III+
Spelmar 6236	0+	0	IV—	III+	III+	IV—	III+	IV—	IV—	IV—	III+	IV—
Kubanka 1440	IV—	III+	IV—	IV—	IV—	IV—	III+	IV—	IV—	IV—	III+	III+
Acmé 5284	IV—	III+	IV—	III+	IV—	IV—	IV—	III+	III+	IV—	IV—	III
Einkorn 2433	0+	0	I	I	III	I	I+	I+	IV—	II+	I+	I
Vernal 3686	0	0	III	0	0	0+	III+	0+	0+	0+	III—	III—
Khapli 4103	0+	0+	0+	0	I	0	0+	0+	I	0+	I	0+
Race	133	133	40	21	17	21	40	21	14	17	40	40

b) Pour un ensemble de 42 variétés de Blé dont beaucoup sont des variétés de grande culture, le nombre et la proportion des variétés sensibles (degré d'attaque moyen > II) sont, à l'égard des diverses races de ***P. gr. tritici***, respectivement les suivantes :

race 40	35	variétés sensibles (soit 83 %)
race 15	31	— — (— 74 %)
race 17	28	— — (— 67 %)
race 21	28	— — (— 67 %)
race 14	19	— — (— 45 %)

c) La souche T 93 de la race 40 a été particulièrement étudiée sur

277 variétés de céréales et 60 souches de Graminées sauvages ou fourragères ; cette expérimentation a donné les résultats suivants :

— Variétés sensibles (degré d'attaque ⩾ III) :

Abondance, Acmé, Agror, Aisne, Alba, Alex, Alliés, Alma, Alsace 22, Annie, Aristide Briand Arnautka, Auchy, Barbu de Crussol, Bastard Rimpau, Bataille 132, B2 Schribaux, BD Maroc 250, Beauceron, Bellevue, Benvenuto Yuca, Bersée, Bladette de la Garonne, Blanc de Flandre, Bon Fermal, Bon Fermier, Bon moulin, Bon sac, Brasil, Bretagne, BT Maroc 422, BT Maroc 426, BT Maroc 588, Cabezan alto, Cadet, Capelle, Carleton, Catalan compacto, Chamorro de Hellin, Champagne, Chanteclair, Chartres, Cloche 26, Cloqueterie, Closeaux, Colmar 115, Colmar 145 roux, Concorde, Côte d'Or, Courtal, Courte paille, Dattel, de Monsieur Wauters, Docteur Mazé, Druchamp, Epeautre blanc, Epi d'Or, Espoir, Etoile de Choisy, Evolution, Exchange, Extra Kolben II, Flandres, Flèche d'Or, Florence 135 Florence-Aurore 250, Florence-Aurore 8193, Florence-Aurore × Pusa 4 (5 lignées), *Florence × Ford, Florence × Stamura, Fylgia, Fronteira Fundation, GA, GB, GC, GD, GE, Gerbor, GF, GH, Gironde, GL, GM, GN* (1), *GP, Guatrache, Heines II, Heines Kolben, Hohenheimer 77, Hope* (2 lignées), *Hope × Reliance, Hybride d'Avrilé, Hybride 40, H 44 × Marquis, H 46, Ile de France, Innovation, Inversable, Jade, Japon 45, Japon 50, Kenya A* (Versailles), *Kenya × Ford × Dundee* (2 lignées), *Kenya × Gular × Ford × Baringa, Klein 33, Klein 40, Klein Alberti, Klein Anniversario, Klein Auro, Klein Cometa rouge, Klein Granadero, Klein Orgulo, Klein Progreso, Klein Universal I, Later, Liberator, Lille Desprez, Little Club, 38 MA, 38 MAP 0427, Magdalena, Marival, Marmin, Marquis, Marquis × Emmer, Martin, Maximum Cambier, Miana, Mida 12008, Mindum, Minhardi 3, Minhardi* 3 (Versailles), *Molinel, Noue (Hybride de la), Oro, Mouton à Epi rouge, Noël, Nord, Normandie, NR, Olympique, Oued Zenati 368, Paix, Paris Vilmorin, Pax, Pentad × Marquis, Pétanielle blanche, Pétanielle de Beauce, Petiblanco, Petirojo, Petit Quinquin, Pévèle, Piave 692, Piave 702, Picardie, Pilot, Planalto,* PLM_1, *Polonium, Pont Cailloux, Précoce de Juillet, Préparateur Etienne, Président Riverain, Progress, Provins, Pusa 6* (2 lignées), *Pusa × Florence 381 A, Pusa-Florence × Garnet, Red Bobs, Red Chief, Redman RL 1834, Regent* (2 lignées), *Reliance, René Leblond, Renown 7166, Rescue 2256, Reward* 1230, (*RL* 1742 × *Carleton*) *RL* 3048, (*RL 2267 × Redman*) *RL 23275, Saunders, Sbei × m'Rari, Seleçao passo fundo, S.H.J., Sidney 197, Soissonnais, Spelmar, Sterischer Plantahofer, Suprême, Suzanne Favereau, Syndyouk × Mahmoudi, Tadépi, Tenmark, Tezier C 371, Teverson, Timor, Tour (Hybride de la), Tovarsibriza, Trésor, Utracan, Vague*

(1) *GN* (80/3) : 3 lignées ont été expérimentées, dont une cultivée à Grignon depuis 1944, une autre provenant de Versailles, une autre enfin provenant de Montpellier (toutes trois sont sensibles).

d'épis, Vercors, Vernal, Vieux Ferrette, Vilmorin sud, Vilmorin 23, Vilmorin 27, Vilmorin 29, Vuitebœuf, Wards prolific, Warren, Wasatch C. I. 11 925, Wattines, Webster R.L. 2 459, Wilhelmine, Wilson, W. J. 17, *Yeoman, Yga, Yveline.*

— Variétés assez peu sensibles (degré d'attaque compris entre II - et III-) :

Orges : *Bordia, Escourgeon hâtif de Grignon, Probstdorf, Professeur Dampseaux.*

Blés : *Apex, Blé Seigle, Cabezan de Valdegoni, Carlotta Strampelli, Dômes, Fondard Crespin, Franc Nord, Hebrard, Hope* × *Reward, Kenya* (2 lignées), *Khrelof 2 347, Mac Murrachy, Mentana, Pusa 26* × *Florence, Rieti 11,* (*R.L. 2 267* × *Redman*) *R.L. 2 564, Terroir, Varronne, Triticum timopheevi.*

— Variétés résistantes ou très résistantes (degré d'attaque compris entre O et 1 +) :

Orge : *Hexagonale de Wagnonville.*

Blés : *Cabezan de Goni, Einkorn, Engrain commun, Frontana R.L.* 2 336, *Gabo, Hope* × *Timstein R.L. 2 477, Kenya* (1 lignée), *Khapli, Klein Ottowulf, Lee, Mac Murrachy R.L. 1 313, Marquillo* (1 lignée), *Newthatch C. I.* 12 318, *Red Egyptian,* (*R.L. 2 267* × *Redman*) *R. L. 2 325, Rojo de Humanes, Sedonska, Thatcher CAN* 1830, *Timstein.*

— Variétés immunes (degré d'attaque : i) :

Thatcher (1 lignée) et *Thatcher* × *Surpreza.*

Le comportement de certaines variétés à l'égard de la race 40 appelle quelques commentaires :

Des variétés comme *GN, GP, Oro* et *Warren,* considérées comme plus ou moins résistantes vis-à-vis d'autres races, sont sensibles ou très sensibles à la race 40.

Des variétés comme *Carlotta Strampelli, Franc Nord, Mentana, Rieti 11, Terroir* et *Varronne,* qui ne sont pas réputées pour leur résistance à la Rouille noire, se montrent assez peu sensibles à la race 40.

Ces deux faits montrent l'intérêt d'une expérimentation rigoureuse des variétés à l'égard des diverses races de Rouille noire. On ne peut préjuger formellement du comportement, à l'égard d'une race nouvelle, d'une variété, que celle-ci soit généralement sensible ou résistante vis-à-vis des races déjà connues.

Parmi les variétés provenant d'Amérique du Sud, certaines semblent particulièrement intéressantes pour leur résistance à la race 40.

La variété *Thatcher,* enfin, semble la plus résistante aux races actuellement identifiées en France (réfractaire aux races 14, 21 et 40, assez résistante à la race 15, peu sensible à la race 17).

Le comportement de diverses Graminées fourragères ou sauvages à l'égard de la race 40 a été étudié en 1952 et en 1953 ; les principaux résultats figurent dans le tableau III.

TABLEAU III

Réaction de diverses Graminées à l'égard de la race 40 (souche 93) de ***Puccinia graminis triciti.***

Aegilops bicornis	(Nantes)	I
— —	(Prague)	II
— *caudata*	(Bruxelles)	I
— *crassa*	(Bellevue)	IV—
— *cylindrica*	(Tabor)	II+
— —	(Museum)	III—
— *ovata*	(Grignon)	II—
— —	(Var)	O
— —	(Montpellier)	II+
— —	(Tabor)	I
— —	(Tunisie)	I
— —		I
— *triaristata*	(Montpellier)	III—
— *triuncialis*	(Grignon)	III+
— —	(Montpellier)	III+
— —	(Causses)	O+
— *ventricosa*	(Grignon)	II
— —	(Nantes)	II+
— —	(Tabor)	II
Agropyrum caninum	(Prague)	i
— —	(Bordeaux)	O
— —	(Provence)	O
— —	(Bruxelles)	i
— —	(Provence)	O
— *cristatum*	(Museum)	I
— *elongatum*	(Portugal)	III—
— *junceum*	(Provence)	i
— *maritimum*	(Bruxelles)	O
— *pycnanthum*	(Bruxelles)	i
— *repens*	(Eure-et-Loir)	II
— —	(Grignon)	i
— *sibiricum*	(Prague)	i
— *strigosum*	(Prague)	II+
— *tenellum*	(Prague)	II—
Alopecurus agrestis		O
— *arundinaceus*		i
— *myosuroides*		i
— *pratensis*		i
Anthoxanthum odoratum		i
Arrhenatherum elatius		i
Briza maxima		i
Bromus arduennensis		i
— *arvensis*		I
— *benekeni*		i
— *commutatus*		i
— *erectus*		i
— *gussonei*		I
— *hordeaceus*		O
— *macrostachys*		I+
— *madritensis*		II
— *maximus*		O+
— *mollis*		II
— *patulus*		I+
— *racemosus*		O
— *rubens*		I+
— *secalinus*		O+
— *squarrosus*		II—
— *sterilis*		II
— *tectorum*		II—
Cynosurus aureus		i
— *echinatus*		i
Dactylis glomerata		i
Elymus arenarius		II+
— *canadensis*		III
— *europaeus*		II
— *hordeiformis*		II+
— *hystrix*		II
— *villosus*		II+
— *virginicus*		I
Haynaldia villosa		i
Hordeum hexastichum		II
— *jubatum*		III
— *maritimum*		II
— *murinum*		i
Lagurus ovatus		i
Lolium perenne		i
Secale montanum		O
Vulpia myuros		i

En 1952, 8 souches de ***Puccinia graminis*** en provenance des Blés ont été étudiées :

T 99 : à partir d'écidiospores issues par passage sur *Berberis* de téleutospores recueillies à Grignon sur *Abondance*, août 1951.
T 100 : *id.* sur *Maximum Cambier* à Grignon, août 1951.
T 101 : *id.* sur *Vilmorin* 23 à Grignon, août 1951.
T 102 : à partir d'urédospores recueillies sur *Régent* à Montpellier (Hérault), juin 1952.
T 103 : *id.* sur *Blé des Dômes* à Montpellier (Hérault), juin 1952.
T 104 : *id.* sur *Pax* à Grignon, 16 juin 1952.
T 105 : *id.* sur *Blé des Dômes* à Castelnaudary (Aude), 16 juin 1952.
T 106 : *id.* sur *T. vulgare* à Samoens (Haute-Savoie), 800 m alt., 8 juillet 1952.

Le tableau IV résume l'essentiel des résultats expérimentaux obtenus sur diverses variétés de Blé à l'aide de ces souches.

Tableau IV

Réaction des céréales à l'infection par les souches de ***Puccinia graminis tritici*** *en provenance des Blés (matériel infectieux récolté en 1951 pour les souches T 99 et T 100 et en 1952 pour les souches T 102 à T 106).*

Variétés	T 99	T 100	T 102	T 103	T 104	T 106
Triticum vulgare :						
Abondance	III+	IV	IV	IV—	IV—	IV—
Agror	IV	IV	IV—	IV—	IV—	IV—
Aisne	IV—	IV—	IV—	IV—	III+	IV—
Alba	III+	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—
Apex	IV—	———	IV—	IV—	———	———
Barbu de Crussol	IV—	? i	III	III+	III+	III+
Bladette de la Garonne	IV—	III+	III+	III+	IV—	IV—
Blé Seigle	O+	III+	IV—	III+	III—	IV—
Carlotta Strampelli	II—	III	III+	IV—	IV—	IV—
Closeaux	IV—	III+	III+	IV—	III+	IV—
Colmar 145 roux	IV	IV	IV—	IV—	IV—	IV—
Docteur Mazé	IV—	IV—	IV—	IV—	? i	III—
Dômes	IV	IV	IV—	IV—	IV—	IV—
Étoile de Choisy	II+	III+	I+	II—	II—	I+
Extra Kolben II	III+	IV—	II+	III	IV—	I+
Fondard Crespin	III	IV—	III+	III	IV—	IV—
Franc Nord	IV—	III+	III+	IV—	IV	IV—
Fylgia	? I+	IV—	I	III+	III+	I+
GA	I+	III+	II	III—	II+	III—
GC	I+	III	III	I+	III+	I
GE	III	II	II	I+	O+	O+
GF	III+	III+	IV—	IV—	? I	IV—
GH	IV—	IV—	I	IV—	IV	III—
GL	I+	II+	I	III	III	I +
GN (= 80/3 de Grignon)	i	? III	i	i	i	i
GN (= 80/3 de Versailles)	i	? III	i	i	i	i
GN (= 80/3 de Montpellier)	i	? III	i	i	i	i
GP (= 90/2)	i	? III	i	i	i	i
Guatrache	i	III	O+	i	i	i
Hébrard	I+	III	III	III+	III+	III
Heines Kolben	? III—	III+	I	IV—	IV—	II—
Hope	IV—	III+	O	III	III+	O+
Hybride d'Avrillé	IV—	IV—	IV—	IV—	IV	III+
Later	IV—	IV	IV	III+	IV	IV—
Lee	———	———	———	O	———	O
Lille Desprez	IV—	IV—	IV	IV—	IV	IV—
Mac Murrachy	I	II	II	III	i	III
Magdalèna	IV—	IV	IV—	IV—	IV—	IV—
Marival	IV—	IV—	IV—	III+	? II+	IV—
Miana	IV—	IV—	IV—	III+	IV—	IV—
Minhardi 3	IV—	IV—	IV	IV	IV—	IV
Molinel	IV—	IV—	IV—	IV—	III+	III+
Noue (Hybride de la)	IV	IV	IV—	IV—	IV—	III+
Oro	III	IV	? i	i	? i	i
Pétanielle de Beauce	III	IV—	IV—	III+	IV—	III+
Piave 692	I	IV—	? II	III—	? II	II+
PLM1	III—	III—	III—	III+	IV—	III—
Regent	III	IV—	O	III	? I	I+
Rieti 11	I	IV—	IV—	IV—	III+	III+
Suzanne Favereau	III+	IV	III	IV—	III	IV—
Tadépi	IV—	IV	III	IV—	IV—	IV—
Thatcher CAN 1830	i	i	O	i	i	i
Thatcher	i	i	i	i	i	i
Vilmorin 23	IV	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—
Vilmorin 27	IV—	IV—	IV—	III+	III	IV—
Warren	? II	III+	? I	III+	III+	III
Yga	III—	IV—	IV—	III	———	III
Yveline	III	IV—	IV—	———	———	III+
Hordeum cult. :						
Orge Bordia	II—	II—	II	II—	I+	II—
Escourgeon de Grignon	II+	I	II+	II—	II+	II—
Hexag. de Wagnonville	II	I+	II+	II—	I+	II+
Professeur Damsyeaux	II+	II	III—	II+	III—	II+

Les réactions des variétés différentielles nord-américaines ont permis de distinguer certaines races biologiques, ainsi qu'il ressort du tableau V.

TABLEAU V

Réaction des variétés différentielles nord-américaines de Blé à l'égard des souches de ***Puccinia graminis tritici*** *en provenance des Blés (matériel infectieux récolté en 1951 pour les souches T 99, T 100 et T 101, en 1952 pour les souches T 102 à T 106).*

Variétés	T 99	T 100	T 101	T 102	T 103	T 104	T 105	T 106
Little Club 4066	IV	IV—	IV	IV—	IV—	IV	IV	IV
Marquis 3641	III+	IV—	III—	III	IV—	IV—	III	I+
Reliance 7370	i	IV—	i	i	i	i	i	i
Kota 5878	IV—	III	i	I	III+	III+	i	i
Arnautka 1493	IV	IV—	0+	IV—	IV—	IV—	I+	IV—
Mindum 5296	IV—	III+	0	IV—	IV—	IV—	I	IV—
Spelmar 6236	IV—	IV—	I	IV—	IV—	IV—	0+	III+
Kubanka 1440	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV	III+
Acmé 5384	IV—	III	III+	IV—	IV—	IV—	III+	III+
Einkorn 2433	I	III	I	III+	II—	I	0+	III
Vernal 3686	0	II+	0	I	0+	0+	I	0
Khapli 4103	0+	I	i	II+	0+	0+	I	I
Race :	21	15	133	14	21	21	133	14

Les souches T 103 (race 21) et T 106 (race 14) ont fait l'objet d'une expérimentation spéciale en 1953 (les souches ont été conservées sur jeunes plantules en serre au cours de l'hiver 1952-53) vis-à-vis de 79 variétés provenant d'Amérique du Sud et qui ont été essayées également à l'égard de la race 40 (voir p. 96). Retenons simplement les variétés qui sont résistantes à au moins deux de ces races et qui présentent donc un certain intérêt :

— Sont résistantes à deux races les variétés *Carleton* (14 et 21) *Hope* 1 237 (14 et 21), *Hope* × *Reliance* (14 et 21), *Hope* × *Reward* (14 et 21), *Klein Cometa rouge* (14 et 21), *Klein Granadero* (14 et 21), *Klein Orgulo* (14 et 21), *Klein Ottowulf* (21 et 40), *Mac Murrachy* (21 et 40), *Pentad* × *Marquis* (14 et 21), *Petirojo* (14 et 21), *Pilot* (14 et 21), *Red Egyptian* (21 et 40), *Redman R.L. 1 834* (14 et 21), *Regent 975* (14 et 21), *Renown 7 166* (14 et 21), *Rescue 2 256* (14 et 21), (*R.L. 1 742* × *Carleton*) *R.L. 3048* (14 et 21), *Saunders* (14 et 21), *Seleçao passo-fundo* (14 et 21), *Tenmark* (14 et 21) et *Utracan* (14 et 21).

— Sont résistantes aux trois races 14, 21 et 40 les variétés *Gabo*, *Hope* × *Timstein R.L. 2 477*, *Newthatch C.I. 12 318*, (*R.L. 2 267* × *Redman*) *R. L. 2 325*, (*R. L. 2 267* × *Redman*) *R. L. 2 564*, *Thatcher* × *Surpreza* et *Timstein*.

En 1953, 29 souches de ***P. graminis***, en provenance des Blés, ont été étudiées :

T 107 : à partir d'urédospores recueillies sur *Mentana* à Montpellier (Hérault), 20 mai 1953.
T 108 : *id.* sur *Rub* à Montpellier (Hérault), 20 mai 1953.
T 109 : *id.* sur *Alsace* 22 à Grignon, 13 juin 1953.
T 110 : *id.* sur *Flèche d'Or* à Arles (Bouches-du-Rhône), 6 juillet 1953.
T 111 : *id.* sur *Dr Mazé* à Arles (Bouches-du-Rhône), 6 juillet 1953.
T 112 : *id.* sur *Bladette de la Garonne* à Ondes (Haute-Garonne), 6 juillet 1953.
T 113 : *id.* sur *Suzanne Favereau* à Ondes (Haute-Garonne), 6 juillet 1953.
T 114 : *id.* sur *Alex* à Ondes (Haute-Garonne), 6 juillet 1953.
T 115 : *id.* sur *Etoile de Choisy* à Castelnaudary (Aude), 6 juillet 1953.
T 116 : *id.* sur *Funo* à Castelnaudary (Aude), 6 juillet 1953.
T 117 : *id.* sur *Alex* à Castelnaudary (Aude), 6 juillet 1953.
T 118 : *id.* sur *Marien* 415 à Castelnaudary (Aude), 6 juillet 1953.
T 119 : *id.* sur *T. vulgare*, près Vanault-le-Châtel (Marne), 6 juillet 1953.
T 120 : *id.* sur *T. vulgare* près Vanault-le-Châtel (Marne), 6 juillet 1953.
T 121 : *id.* sur *T. vulgare* près Châlons-sur-Marne (Marne), 6 juillet 1953.
T 122 : *id.* sur *T. vulgare* près Châlons-sur-Marne (Marne), 6 juillet 1953.
T 123 : *id.* sur *T. vulgare* près Châlons-sur-Marne (Marne), 6 juillet 1953.
T 124 : *id.* sur *T. vulgare* près Bussy-le-Repos (Marne), 6 juillet 1953.
T 125 : *id.* sur *T. vulgare* près Bussy-le-Repos (Marne), 6 juillet 1953.
T 126 : *id.* sur *T. vulgare* près Bussy-le-Repos (Marne), 6 juillet .
T 127 : *id.* sur *Gentile Rosso* × *Noé* à Fabas (Haute-Garonne), 7 juillet 1953.
T 128 : *id.* sur *T vulgare* près Bassu (Marne), 7 juillet 1953.
T 129 : *id.* sur *T. vulgare* près Méru (Oise), 20 juillet 1953.
T 130 : *id.* sur *T. vulgare* près Pontoise (Seine-et-Oise), 20 juillet 1953.
T 131 : *id.* sur *T. vulgare* près Beauvais (Oise), 24 juillet 1953.
T 132 : *id.* sur *T. vulgare* près Amiens (Somme), 24 juillet 1953.
T 133 : *id.* sur *T. vulgare* près Abbeville (Somme), 24 juillet 1953.
T 134 : *id.* sur *T. vulgare* à Grignon (Seine-et-Oise), 27 juillet 1953.
T 135 : *id.* sur *T. vulgare* sur le plateau de Millevaches (Corrèze), 30 juillet 1953.

Nous joignons à ces 29 souches provenant du Blé 2 souches appartenant également à la f. sp. ***tritici*** de ***P. graminis*** et provenant l'une d'*Aegilops ovata*, l'autre d'*Elymus europaeus* :

AE 6 : à partir d'urédospores recueillies sur *Aegilops ovata* près Cahors (Lot), 4 août 1953.
E 10 : à partir d'urédospores recueillies sur *Elymus europaeus* au jardin botanique de Grignon, 31 août 1953.

La souche AE 6 a été identifiée comme appartenant à la race 14 ; la souche E 10 appartient à la race 21.

La contamination des variétés différentielles a permis d'identifier ces diverses souches ainsi que le montre le tableau VI :

— La race 17 est la plus commune. Isolée 20 fois, elle représente 69 p. 100 des prélèvements et semble exister sur l'ensemble du territoire français ; elle a été identifiée 2 fois dans l'Hérault à Montpellier (souches T 107 et T 108), 1 fois dans les Bouches-du-Rhône à Arles (T 110), 2 fois en Haute-Garonne à Ondes (T 112 et T 114), 4 fois dans l'Aude à Castelnaudary (T 115, T 116, T 117, T 118), 8 fois dans la Marne aux environs de Châlons-sur-Marne (T 119, T 120, T 121, T 123, T 124, T 125, T 126, T 128), 2 fois dans l'Oise près de Méru (T 129) et de Beauvais (T 131), 1 fois dans la Somme près d'Abbeville (T 133).

— La race 15 a été identifiée à 3 reprises : 2 fois en Seine-et-Oise à Grignon (T 109) et près de Pontoise (T 130), 1 fois en Haute-Garonne à Ondes (T 113) ; elle représente 10 p. 100 des prélèvements.

— Les races 14, 19 et 21, isolées chacune à 2 reprises : en Haute-

TABLEAU VI

Réaction des variétés différentielles nord-américaines de Blé à l'égard des souches de ***P. graminis tritici*** *en provenance des Blés, en 1953*

Variétés	T 107	T 108	T 109	T 110	T 111	T 112	T 113	T 114	T 115	T 116	T 117	T 118	T 119	T 120	T 121
Little Club 4066	IV—	IV—	IV—	IV—	IV	IV—	IV—	IV—	IV—	IV	IV—	IV—	IV—	IV—	IV
Marquis 3641	III+	III+	IV—	III+	III+	III+	III	II+	III+	II+	III+	III	III	III+	III—
Reliance 7370	i	i	III+	i	i	i	IV—	i	i	i	i	i	i	i	i
Kota 5878	III	III+	III+	III	II+	III	III	III	III+	II+	III	III	III	III—	III—
Arnautka 1493	IV—	IV—	III	IV—	IV—	IV—	III+	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	III+	IV—	IV—
Mindum 5296	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	III+	IV—	IV—	IV—
Spelmar 6236	IV—	IV—	III+	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—
Kubanka 1440	IV—	IV—	IV—	IV—	IV	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—
Acmé 5284	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	III+	IV—	IV—	IV—
Einkorn 2433	III	III—	II+	III	II—	III—	III+	III	III	III+	III	III+	IV—	III+	III+
Vernal 3686	O+	O+	III+	O+	O+	O+	III+	O+	O+	O+	O+	O+	O+	O+	O+
Khapli 4103	O+	O+	O+	I	O+	O+	O+	I	I	I	O+	I	I	I	I
Race	17	17	15	17	21	17	15	17	17	17	17	17	17	17	17

Variétés	T 122	T 123	T 124	T 125	T 126	T 127	T 128	T 129	T 130	T 131	T 132	T 133	T 134	T 135	AE 6	E 10
Little Club 4066	IV—	IV—	IV	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV	IV—	IV—	IV—	IV—
Marquis 3641	I+	III—	IV—	III+	III+	I+	III+	III	III—	III	I+	III+	III+	II—	II—	III—
Reliance 7370	i	i	i	i	i	i	i	i	III+	i	i	i	i	i	i	i
Kota 5878	III—	III—	III+	III+	III	I—	III—	II+	III+	III—	II—	III	III	II+	II—	III
Arnautka 1493	IV—	III+	IV—	III+	IV—	III+	III+	III+	IV—	III+	III+	IV—	III+	IV—	III+	IV—
Mindum 5296	IV—	III+	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV	IV—	IV—	IV—	III+
Spelmar 6236	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV	III+	III+	IV—	IV—
Kubanka 1440	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	III+	III+	III+	IV—	IV	IV—	III+	III+	IV—
Acmé 5284	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	III+	IV—	IV—	IV—	IV—	IV—	III+	III+	IV—
Einkorn 2433	III+	III+	III—	III+	II+	III+	III	III+	III+	III	III	III	II—	III	III+	O+
Vernal 3686	O+	O+	O+	O+	O+	O+	O+	O+	IV—	O+	O	O+	I—	O+	O	O
Khapli 4103	I+	I+	O+	O+	O+	I+	I	I	O+	O+	I—	O+	O+	I	I	O
Race	19	17	17	17	17	14	17	17	15	17	14	17	21	19	14	21

Garonne à Fabas (T 127) et dans la Somme près d'Amiens (T 132) pour la race 14, dans la Marne près de Châlons-sur-Marne (T 122) et en Corrèze sur le Plateau de Millevaches (T 135) pour la race 19, dans les Bouches-du-Rhône à Arles (T 111) et en Seine-et-Oise à Grignon (T 134) pour la race 21, représentent chacune 7 p. 100 des prélèvements.

Deux souches seulement (T 107 : race 17 et T 109 : race 15) ont fait l'objet d'une étude systématique sur diverses variétés de céréales ; les résultats de cette expérimentation sont réunis dans le tableau VII.

TABLEAU VII

Réaction des céréales à l'infection par les souches T 107 (race 17) et T 109 (race 15) de ***Puccinia graminis tritici*** *en provenance des Blés, en 1953*

Variétés	T 107	T 109	Variétés	T 107	T 109
Triticum vulgare:					
Abondance	IV—	IV—	Läter	IV	IV
Agror	IV—	IV—	Lee	O+	O+
Aisne	IV—	IV—	Lille Desprez	IV—	IV—
Alba	IV—	IV—	Mac Murrachy	I+	III
Alex	IV—	IV—	Magdalèna	IV—	IV—
Apex	IV—	III	Marival	IV	IV
Barbu de Crussol	IV—	IV—	Miana	IV—	IV—
Bladette de la Garonne	IV—	IV—	Minhardi 3	IV—	IV—
			Molinel	IV—	IV—
Blé Seigle	III+	III+	Noue (Hybr. de la)	IV—	IV—
Carlotta Strampelli	IV—	III	Oro	i	IV—
Closeaux	IV—	IV—	Pétanielle de Beauce	IV—	IV—
Colmar 145 roux	IV—	IV—	Piave 692	II	IV—
Docteur Mazé	IV—	IV—	PLM 1	III	IV—
Dômes	IV—	IV—	Regent	O	III+
Étoile de Choisy	I	IV—	Rieti 11	IV—	III—
Extra Kolben II	IV—	III+	Suzanne Favereau	IV—	IV—
Fondard Crespin	IV—	IV—	Tadépi	III+	IV—
Franc Nord	IV—	IV—	Thatcher CAN 1830	i	O
Fylgia	III+	III+	Thatcher	i	O+
GA	II	IV—	Vilmorin 23	IV	IV—
GC	II	IV—	Vilmorin 27	IV—	IV—
GF	II+	IV—	Warren	IV—	IV—
GH	IV—	IV—	Yga	IV—	IV—
GL	III+	IV—	Yveline	IV—	IV—
GN (= 80/3 de Grignon)	i	IV—	*Triticum:*		
GN (= 80/3 de Versailles)	i	III+	*monococcum*	O	III
			timopheevi	III—	II+
GN (= 80/3 de Montpellier)	i	III+	*Hordeum* cult. :		
GP (= 90/2)	i	IV—	Orge Bordia	II	I
Hébrard	IV—	IV—			
Heines Kolben	III	III	Escourgeon de Grignon	II	I
Hope	II	II			
Hybride d'Avrileé	IV—	IV—	Hexagonale de Wagnonville	II+	I+
			Professeur Damyseaux	II—	O+

Le comportement de diverses Graminées vis-à-vis de certaines souches de Rouille noire en provenance des Blés a été étudié en 1951 et en 1952 ; les principaux résultats sont réunis dans le tableau VIII.

TABLEAU VIII

Réaction des Graminées à l'infection par diverses souches de **Puccinia graminis tritici** *en provenance des Blés*

	T 87	T 89	T 90	T 91	T 92	T 93	T 94	T 95	T 97	T 98	T 99	T 100	T 102	T 103	T 104	T 106
Ægilops bicornis	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	i	i	i	—	0	i
— *crassa*	III	IV—	III	IV	IV—	? i	III	III	III	IV	III+	III+	? i	—	IV—	IV—
— *cylindrica*	—	—	—	—	—	—	—	—		—	0	0	III—	—	I	II
— *ovata*	I	II	0	II	II—	I	II	II	I+	II	0+	0+	i	—	0+	II—
— *triaristata*	—	0+	—	II	0+	—	—	—	—	—	I	I	—	—	—	—
— *triuncialis*	? i	? i	I+	I	III	III	? i	? i	III	III—	0	0	i	—	0	0+
— *ventricosa*	II	II	—	I	II+	0	II	0	III	—	II—	II—	I+	—	I	I
Agropyrum caninum	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	i	i	0	—	i	i
Alopecurus agrestis	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	i	i	—	—	i	i
— *pratensis*	—	—	—	—	—	—	—	—	—		i	i		—	—	—
Anthoxanthum odoratum	—	—	—	—	—	—	—	—	—		i	i	—	—	i	i
Arrhenatherum elatius	—	—	—	—	—	—	—			—	i	i	—	—	i	i
Bromus arduennensis	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	i	i	—	—	0+	I+
— *arvensis*	? i	I	0+	i	i	i	i	i	I	II	i	I	—	—	i	i
— *commutatus*	—	—	—	—	—	—	—	—	—		i	i	—	—	i	i
— *erectus*	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	—	—	i	i
— *inermis*	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i		—	—	—	—	—
— *macrostachys*	i	i	—	II	0	i	i	I	0+	—	i	i	—	—	0+	i
— *madritensis*	I	I+	—	i	I+	III—	0+	I	I	II	I	I+	—	—	i	II—
— *maximus*	i	0+	—	I	i	II	I	I	—	0+	0	II	—	—	i	I+
— *mollis*	i	i	I	I	i	II+	i	i		I	i	i	0+	i	—	0
— *patulus*	—	—	—	—	—	—		—	—	—	I	I	II	II—	—	I
— *racemosus*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	i	i	i	i	—	i
— *rubens*	—	—	—	—	—	—		—	—		0	I+	0	II—	—	I+
— *secalinus*	—	II—	—	i	0+	I	I	II	I	I	I	i	0+	i	—	i
— *sterilis*	I	i	0	0+	I+	II	II	I	II	I	0	i	0	0+	—	0+
— *tectorum*	I	II+	II	0	I	II	I	I	—	II	0	I	0	0+	—	0+

TABLEAU VIII *(Suite)*

	T 87	T 89	T 90	T 91	T 92	T 93	T 94	T 95	T 97	T 98	T 99	T 100	T 102	T 103	T 104	T 106
Brachypodium pinnatum	—	i	i	—	i	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— *sylvaticum*	—	i	—	—	i	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Briza maxima	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	i	i	i	i	—	i
Cynosurus aureus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	II	i	II	—	II
— *echinatus*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	i	i	i	i	i	i
Dactylis glomerata	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	i	i	i	i	i	i
Elymus canadensis	III	—	—	—	—	II	I	II	—	—	II	II	i	III	III	O+
— *hordeiformis*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	O	i	i	III	i	i
— *hystrix*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	O	O	i	O	i	i
— *villosus*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	I	III+	III	III	i	IV—
— *virginicus*	—	II	? i	? i	O+	II	? i	? i	I	I	I	i	I	III	i	O
Hordeum jubatum	—	I	i	I	III	—	IV	—	II+	II	II+	i	i	i	III	i
— *maritimum*	IV	—	II+	III	O+	II	III	II	II+	II	O+	i	i	II	i	I
— *murinum*	i	i	i	i	i	i	i	—	i	i	i	i	i	i	i	i
Lagurus ovatus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	i	i	i	i	—	i
Lolium italicum	i	i	i	—	i	i	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— *perenne*	i	i	i	i	i	—	—	i	—	—	i	i	i	i	—	i
— *temulentum*	i	i	—	i	i	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Secale montanum	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	i	i	i	i	—	i
Vulpia myuros	—	—	—	—	—	—	—	—	—	i	i	i	i	i	—	i

B) **Rouille noire des Orges**

En 1951, deux souches de ***Puccinia graminis*** en provenance des Orges ont été étudiées ; ce sont :

H 22 : à partir d'urédospores recueillies sur *Hordeum vulgare* à Althen-les-Paluds (Vaucluse), 7 juillet 1951.
H 23 : *id.* sur *Hordeum leporinum* à Malaucène (Vaucluse), 6 août 1951.

En 1952, aucune souche en provenance des Orges n'a été expérimentée.

Enfin, en 1953, deux souches ont été étudiées :

H 24 : à partir d'urédospores recueillies sur *Hordeum murinum* près de Bourges (Cher), 29 juillet 1953.
H 25 : *id.* sur *Hexagonale de Wagnonville* à Grignon, 12 juin 1953.

Les souches H 22, H 23 et H 24 appartiennent à la f. sp. ***tritici*** de ***Puccinia graminis*** ; quant à la souche H 25, elle appartient à la f. sp. ***secalis***.

L'identification des trois premières souches a été effectuée par infection des variétés différentielles nord-américaines ; les résultats de cette expérimentation sont réunis dans le tableau IX.

Tableau IX

Réaction des variétés différentielles nord-américaines de Blé à l'égard des souches de ***Puccinia graminis tritici*** *en provenance des Orges en 1951 (souches H 22 et H 23) et en 1953 (souche H 24).*

Variétés	H 22	H 23	H 24
Little Club 4066	IV—	IV—	IV—
Marquis 3641	III+	III+	IV—
Reliance 7370	i	i	IV—
Kota 5878	III	III	III+
Arnautka 1493	IV—	III+	IV—
Mindum 5296	IV—	III+	IV—
Spelmar 6236	IV—	IV—	IV—
Kubanka 1440	IV—	III+	IV—
Acmé 5284	IV—	IV—	IV—
Einkorn 2433	I+	III	III—
Vernal 3686	O+	O+	III
Khapli 4103	O+	O+	O+
Race	21	17	15

Le comportement des céréales et des Graminées vis-à-vis des souches H 22 et H 23 est rapporté dans le tableau X ; la spécialisation parasitaire de la souche H 25 sera étudiée à propos de la Rouille noire du Seigle.

TABLEAU X

Réaction des céréales et des Graminées à l'infection par les souches de ***Puccinia graminis triciti*** *en provenance des Orges en* 1951.

Hôtes	H 22	H 23	Hôtes	H 22	H 23
Ægilops crassa	—	IV	Fondard Crespin	III+	? I+
— *ovata*	III+	—	Franc Nord .	III	III+
— *ventricosa*	? i	I	Fylgia	III—	—
Bromus secalinus	? i	—	GA	II+	—
— *sterilis*	—	I	GC	II—	—
— *tectorum*	I	O+	GE	O+	—
Elymus virginicus	—	II+	GF	II	III
Hordeum maritimum ...	—	II	GH	IV—	—
— *murinum*	—	i	GL	III	—
— cult.			GN (= 80/3 de Grignon)	i	i
Bordia	I	I	GN (= 80/3 de Versailles)	i	
Escourgeon de Grignon.	II—	I	GP (= 90/2)	i	i
Hexagonale de Wagnonville	I	I+	Guatrache ..	i	—
Probstdorf ..	II—	I	Hébrard	III	—
Professeur Damyseaux	II—	I+	Heines II ..	III+	—
Kœleria cristata	—	i	Heines Kolben	III	IV—
— *villosa*	i	—	Hope	III+	III
Lolium italicum	—	i	Hybride d'Avrillé	III	III
— *perenne*	—	i	Later	IV—	? II
Poa trivialis	—	i	Lille-Desprez	III+	III+
Secale cereale (Petkus) .	O	O+	Mac Murrachy	III	III
Triticum monococcum ..	I+	II+	Magdalèna ..	IV—	III+
— *timopheevi* ...	II+	III+	Marival	III	—
— *vulgare*			Miana	III	III+
Abondance ..	III+	III+	Minhardi 3 .	IV—	IV—
Agror	III+	III+	Oro	i	i
Alba	IV—	IV—	Piave 692 ..	II+	—
Apex	III	II+	PLM1	III—	? I+
Barbu de Crussol	III+	IV—	Préparateur Étienne	III+	III
Bladette de la Garonne	III+	—	Progress	III—	III+
Blé Seigle ..	II+	III+	Rieti 11....	III+	—
Carlotta Strampelli	III	III+	Suzanne Favereau	IV—	III+
Closeaux ...	IV—	III+	Tadépi	IV—	IV—
Colmar 145 roux	IV—	IV—	Thatcher CAN 1830	i	—
Docteur Mazé	IV	IV—	Thatcher ...	i	i
Dômes	III+	—	Vilmorin 23.	IV—	III+
Espoir	IV—	IV—	Warren	III+	III
Étoile de Choisy	I	I	Yga	—	III
Extra Kolben II.	IV—	—	Yveline	III	III

C) Rouille noire des Seigles

En 1951, une souche S 26 a étudiée à partir d'urédospores prélevées à Grignon sur *Secale cereale* le 28 juin 1951. Cette souche appartient à la f. sp. ***secalis*** de ***P. graminis*** ; elle a donné une infection du type III

+ sur le Seigle, du type II sur *Aegilops ovata*, tandis que *Bromus maximus* et *Hordeum murinum* se sont montrés réfractaires.

Nous rattachons également à la f. sp. ***secalis*** les souches suivantes prélevées sur *Agropyrum repens* :

Ag 20 : à partir d'urédospores recueillies à Grignon le 28 juin 1951 sous un buisson de *Berberis vulgaris* portant d'abondantes écidies.
Ag 21 : *id.* à Thiverval (Seine-et-Oise), 23 juillet 1951.
Ag 22 : *id.* à Mâcon (Saône-et-Loire), 1er août 1951.

En 1952, une souche S 27, provenant d'écidiospores issues par passage sur *Berberis* de téleutospores recueillies à Grignon, sur Seigle Petkus, le 25 août 1951, a donné une infection du type IV- sur le Seigle, du type III sur *Aegilops ovata*, du type I sur *Aegilops cylindrica*, tandis qu'*Aegilops bicornis*, *crassa*, *macrochaeta*, *triuncialis* et *ventricosa*, *Lolium perenne*, *Triticum spelta* et *vulgare* se sont montrés réfractaires.

Une souche E 9, isolée d'*Elymus europaeus* dans la forêt de la Joux (Jura), 800 m. alt., le 26 août 1952, appartient également à la f. sp. ***secalis***.

En 1953, deux souches en provenance des Seigles ont été étudiées :

S. 28 : à partir d'écidiospores issues par passage sur *Berberis* de téleutospores récoltées à Grignon sur *Secale montanum*, 25 septembre 1952.
S 29 : à partir d'urédospores recueillies sur *Secale cereale* sur le plateau de Millevaches (Corrèze), 30 juillet 1953.

Seule, la souche S 28 a fait l'objet d'une étude détaillée.

Deux souches en provenance d'*Agropyrum* sp. ont été également étudiées en 1953 :

Ag 23 : à partir d'écidiospores issues par passage sur *Berberis* de téleutospores recueillies sur *Agropyrum* sp. à Vallouise (Haute-Alpes), 1 200 m alt., 15 juillet 1952.
Ag 24 : à partir d'urédospores prélevées sur *Agropyrum* sp. à Hyères (Var), 18 mai 1953.

La souche E 9 recueillie en 1952 a pu être conservée par passage sur *Berberis* à partir de téleutospores que portaient (en mélange avec les urédospores) les chaumes d'*Elymus europaeus* récoltés en nature, et a pu être étudiée à nouveau en 1953.

La souche H 25, isolée de l'Orge *Hexagonale de Wagnonville* (voir p. 106), appartient également à la f. sp. ***secalis*** de ***P. graminis***.

Rappelons enfin que la souche E 10 sur *Elymus europaeus* a été identifiée comme appartenant à la race 21 de ***P. graminis tritici*** (voir p. 101).

Le tableau XI résume l'essentiel de nos observations sur ces divers points.

TABLEAU XI

Réaction des céréales et des Graminées à l'infection par les souches de ***Puccinia graminis secalis*** *en provenance des* Agropyrum, Elymus, Hordeum *et* Secale *en 1951, 1952 et 1953.*

Hôtes	Ag 20	Ag 21	Ag 22	Ag 23	Ag 24	E 9	H 25	S 28
Ægilops bicornis	—	—	—	—	—	—	i	O
— *crassa*	II	I	II—	—	—	—	II+	I
— *cylindrica*	—	—	—	—	—	—	i	O
— *ovata*	I+	i	O+	—	I+	i	O	I
— *triaristata*	II+	—	—	—	—	—	—	—
— *triuncialis*	III—	i	i	—	IV—	i	i	i
— *ventricosa*	I+	O	i	—	O	—	O	I
Agropyrum acutum	—	—	I	—	—	—	—	—
— *caninum*	—	—	i	II	III	IV	i	O+
— *cristatum*	—	—	i	O	i	i	—	—
— *elongatum*	i	—	i	i	i	i	—	i
— *pauciflorum*	—	—	I+	—	—	—	—	—
— *repens*	III+	—	II	i	II+	II	—	III
— *sibiricum*	—	—	—	—	—	i	—	—
Agrostis alba	i	—	i	—	—	—	—	—
— *canina*	—	—	—	—	i	—	—	i
— *vulgaris*	—	—	—	—	—	—	—	i
Alopecurus agrestis	i	—	—	—	—	—	—	i
— *arundinaceus*	—	—	—	—	i	—	—	i
Anthoxanthum odoratum	—	—	—	—	—	—	—	i
Arrhenatherum elatius	—	—	—	—	—	—	—	i
Avena sativa	i	i	i	—	—	i	—	i
Brachypodium pinnatum	i	i	i	—	—	—	—	—
— *sylvaticum*	i	i	i	—	—	—	—	—
Briza maxima	—	—	—	—	i	—	—	i
Bromus arduennensis	—	—	—	—	—	—	—	i
— *arvensis*	i	i	i	—	O	—	—	i
— *commutatus*	—	—	—	—	i	—	—	O
— *erectus*	i	—	i	—	—	—	—	—
— *hordeaceus*	—	—	—	—	—	—	—	i
— *inermis*	i	—	i	—	—	—	—	—
— *macrostachys*	O+	i	i	—	i	i	—	i
— *madritensis*	I+	I+	I	—	O+	I	—	O+
— *maximus*	O+	i	i	—	i	i	I	i
— *mollis*	II—	i	O	—	i	—	O+	—
— *patulus*	—	—	—	—	O	—	—	—
— *racemosus*	—	—	—	—	i	—	—	—
— *rubens*	—	—	—	—	I+	—	—	—
— *secalinus*	I+	i	I	—	i	—	O	—
— *squarrosus*	—	—	—	—	—	—	i	—
— *sterilis*	I	O+	O+	—	O	i	O	—
— *tectorum*	I+	I	I+	—	I+	—	I	—
Dactylis glomerata	—	—	—	—	i	—	—	—
Deschampsia coespitosa	—	—	—	—	—	—	—	i
Elymus canadensis	I+	—	II+	—	—	—	—	—
— *europaeus*	—	—	—	—	i	IV	—	—
— *hordeiformis*	—	—	—	—	II+	IV	—	III
— *hystrix*	—	—	—	—	—	O	—	—
— *virginicus*	i	i	i	—	III	IV	—	III

TABLEAU XI *(suite)*

Hôtes	Ag 20	Ag 21	Ag 22	Ag 23	Ag 24	E 9	H 25	S 28
Festuca arundinacea	i	—	—	—	i	O	—	—
— *pratensis*	i	—	—	—	—	i	—	—
Gaudinia fragilis............	—	—	—	—	i	—	—	—
Holcus lanatus	—	—	—	—	i	—	—	—
Hordeum jubatum	III	i	—	—	—	—	—	—
— *maritimum*	III	i	i	—	II+	—	—	—
— *murinum*	II	i	i	—	I+	I	—	O+
— *vulgare*	I+	—	I	i	i	i	—	i
Lolium italicum	i	—	i	—	—	—	—	—
— *multiflorum*	i	i	—	—	—	—	—	—
— *perenne*	i	—	i	—	—	O	—	i
— *temulentum*..........	—	i	—	—	—	—	—	—
Phalaris arundinacea	—	—	—	—	—	—	—	i
Secale cereale................	III+	III	III	III—	IV—	IV	IV—	IV—
— *montanum*	—	—	—	i	I	I—	—	II
— *villosum*	—	—	—	—	—	—	—	i
Sesleria argentea	—	—	—	—	—	—	—	i
Triticum monococcum	—	—	II—	—	—	—	—	—
— *vulgare*	i	i	i	i	i	i	i	i

D) Rouille noire des Avoines

Trois souches en provenance des Avoines et appartenant à la f. sp. ***avenae*** de ***P. graminis*** ont été étudiées ; ce sont :

A 28 : à partir d'écidiospores obtenues expérimentalement par passage sur *Berberis* de téleutospores portées par *Avena sterilis,* Grignon, 25 août 1950.

A 29 : à partir d'urédospores portées par l'Avoine *Poitou 20,* Grignon, 19 juillet 1951.

A 30 : *id.* sur *Avena sativa,* Culan (Cher), 10 août 1951.

Aucune souche en provenance des Avoines n'a été étudiée en 1952 et 1953.

Les résultats des infections expérimentales obtenues à l'aide de ces souches, sur les céréales et les Graminées, sont rapportés dans le tableau XII.

E) Rouille noire des Aegilops

Une souche AE 6, prélevée sur *Aegilops ovata* près de Cahors (Lot) le 4 août 1953, s'est révélée expérimentalement appartenir à la race 14 de ***P. gr. tritici*** (voir p. 101).

F) Rouille noire des Agropyrum

Les souches, en provenance des *Agropyrum,* soumises à l'expérimentation en 1951, 1952 et 1953 ont été étudiées à propos de la Rouille noire des Seigles (voir p. 108).

TABLEAU XII

Réaction des céréales et des Graminées à l'infection par les souches de ***Puccinia graminis avenae*** *en provenance des Avoines en 1951*

Hôtes	A 28	A 29	A 30
Agrostis alba	i	i	i
Alopecurus agrestis	i	i	—
— *pratensis*	I+	i	I
Anthoxanthum odoratum	i	i	i
Arrhenatherum elatius	II+	III	II
Avena fatua	IV—	—	III
— *pratensis*	II	i	—
— *pubescens*	i	i	—
— *sativa:*			
— Bond 7233	IV—	IV—	III+
— Iogold 2829	IV—	O+	IV—
— Iowar 847	IV—	IV—	IV—
— Jostrain 2660	IV—	IV—	III+
— Markton 2053	IV—	IV—	IV—
— Minrus 2144	I+	I	III
— Rainbow 2345	IV—	III	IV—
— Redrustproof 1815	IV—	IV	IV—
— Richland 787	IV—	IV—	IV—
— Ruakura 2025	IV—	IV—	IV—
— Sevnothree 3261	IV—	IV—	III+
— Victoria 2101	IV—	IV—	IV
— Anthony	II+	O	IV—
— (Anthony × LN344) 34	I+	I—	III
— Blanche de Hongrie	I+	II—	III—
— Burt 1-8-3-m	IV—	O+	IV—
— Fulghum 1-7	IV—	IV—	IV—
— — 4-2	IV—	O+	III+
— Kanota 13-1	III	I	III
— Kerson 3-8	III+	O+	III+
— Richland 4-1	IV—	O+	III
— Unilatérale de Read	I	I	III+
— (Vl × Ng) 51-18	III+	III+	III+
— — 16-15	III+	III+	III+
— Victoria 2	IV—	IV—	IV—
— (Victory × BM 374) 462	I	O+	III
— Dans 162	III+	IV—	III+
— Grignonnaise	IV—	IV—	IV—
— Grise d'hiver	IV—	III	IV
— La Gaillarde	III—	III	IV
— Poitou 12	III+	III—	IV
Avena sativa:			
— Poitou 20	III+	III	IV
— Prieuré	III—	III	III
— Souveraine	III+	III+	III+
Avena sterilis	—	—	III
Brachypodium pinnatum	i	i	—
— *sylvaticum*	i	i	—
Bromus arvensis	II	i	—
— *erectus*	i	i	—
— *inermis*	i	i	—
— *macrostachys*	i	O+	—
— *madritensis*	I	O+	—
— *maximus*	i	i	i
— *mollis*	I+	II	—
— *secalinus*	i	i	—
— *sterilis*	II	II	—
— *tectorum*	I	II+	—
Cynosurus aureus	II+	III	—
— *cristatus*	i	—	—
— *echinatus*	i	i	i
Dactylis glomerata	III—	O+	III
Elymus canadensis	i	i	—
— *virginicus*	i	i	i
Festuca arundinacea	i	i	i
— *ovina*	i	i	i
— *pratensis*	i	i	i
Gaudinia fragilis	III—	i	O+
Holcus lanatus	i	i	i
— *mollis*	i	i	i
Koeleria cristata	i	—	—
— *phleoides*	—	—	III
— *villosa*	II+	—	i
Lagurus ovatus	III	i	III
Lolium italicum	i	—	i
— *multiflorum*	i	—	i
— *perenne*	i	—	i
— *temulentum*	i	—	—
Melica ciliata	I	i	I
Phleum arenarium	III—	i	—
— *boehmeri*	O	—	—
— *pratense*	II	—	i
Poa pratensis	i	—	—
— *trivialis*	i	—	—
Sesleria cylindrica	III+	III	III
Trisetum flavescens	i	—	i
Vulpia myuros	III	II	II

G) Rouille noire des Agrostis

Une souche Agr 2, isolée à partir d'urédospores prélevées sur *Agrostis* sp. à Sainte-Maxime (Var) le 31 août 1951, a montré un certain degré

de spécialisation parasitaire : *Agrostis alba* (degré d'attaque : III) et *Phleum arenarium* (degré d'attaque : II) ont pu être contaminés avec succès, tandis que sont demeurés réfractaires *Anthoxanthum odoratum*, *Arrhenatherum elatius*, *Avena sativa*, *Bromus maximus*, *Cynosurus echinatus*, *Holcus lanatus*, *Hordeum vulgare*, *Lolium italicum* et *perenne*, *Secale cereale* et *Triticum vulgare*.

En 1952, une souche Agr 3, multipliée à partir d'écidiospores expérimentalement obtenues par passage sur *Berberis* de téleutospores prélevées sur *Agrostis* sp. à Grignon (Seine-et-Oise) le 25 septembre 1951, a montré une spécialisation parasitaire non moins étroite. *Agrostis elegans* (degré d'attaque : III) et *rupestris* (degré d'attaque : II) ont pu être contaminés aisément, alors qu'*Agrostis canina*, *verticillata* et *vulgaris*, *Avena sativa*, *Bromus tectorum*, *Lolium perenne*, *Secale cereale*, *Triticum vulgare* et *Vulpia myuros* sont demeurés réfractaires à toute infection.

Dans les deux cas, il s'agit de la f. sp. ***agrostidis*** Erikss. de ***P. graminis***.

H) **Rouille noire des Aira**

Une souche Ai 1, provenant d'urédospores récoltées sur *Aira coespitosa* à Sénarpont (Somme) en octobre 1951, n'a pas dévoilé sa spécialisation parasitaire, certainement très étroite. Aucune des plantes suivantes n'a pu être contaminée : *Agrostis alba*, *Anthoxanthum odoratum*, *Arrhenatherum elatius*, *Avena sativa*, *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne*, *Phleum pratense*, *Secale cereale* et *Tricicum vulgare*. Rappelons qu'ERIKSSON a isolé, sous le nom de f. sp. ***airae***, la forme spéciale de ***P. graminis*** qui vit sur la Canche cespiteuse.

I) **Rouille noire des Anthoxanthum**

Une souche de Rouille noire, isolée sur *Anthoxanthum odoratum*, a été étudiée en 1952 :

An 2 : à partir d'urédospores recueillies sur *Anthoxanthum odoratum*, Grand Ballon d'Alsace, 1300 m alt, 17 août 1952.

La souche An 2 a pu être transmise seulement à *Anthoxanthum odoratum* ; *Bromus tectorum* a réagi à l'infection par la formation de taches chlorotiques (type d'attaque : 0), tandis qu'*Alopecurus agrestis*, *Avena sativa*, *Lolium perenne*, *Secale cereale* et *Triticum vulgare* sont demeurés réfractaires.

TABLEAU XIII

Réaction des céréales et des Graminées
à l'infection par les souches de **Puccinia graminis arrhenatheri**
*en provenance d'*Arrhenatherum elatius
et de Dactylis glomerata *en 1951 et 1952*

Hôtes	Ar 7	Ar 8	D 2	Hôtes	Ar 7	Ar 8	D 2
Agropyrum caninum	—	i	—	*Cynosurus aureus*	—	III	—
Agrostis canina	—	i	—	— *echinatus*	—	i	i
— *elegans*	—	i	—	*Dactylis glomerata*	II+	III+	IV
— *rupestris*	—	I+	—	*Festuca arundinacea*	—	i	—
— *verticillata*	—	i	—	— *heterophylla*	—	i	—
— *vulgaris*	—	i	—	— *pratensis*	—	i	—
Alopecurus agrestis	—	III—	i	*Gaudinia fragilis*	—	i	—
— *pratensis*	—	II	—	*Holcus lanatus*	—	II	—
Anthoxanthum odoratum	—	i	—	*Koeleria cristata*	—	i	—
Arrhenatherum elatius	III	IV—	IV—	— *phleoides*	—	II	—
Avena pratensis	—	i	—	*Lagurus ovatus*	—	II—	—
— *sativa*	i	i	i	*Lolium italicum*	i	i	i
Brachypodium distachyon	—	i	—	— *multiflorum*	i	i	—
— *pinnatum*	—	i	—	— *temulentum*	i	i	—
— *sylvaticum*	—	i	—	*Phleum arenarium*	—	III—	III
Briza maxima	—	i	—	— *pratense*	—	III	—
— *media*	—	—	i	*Poa nemoralis*	—	i	—
Bromus arvensis	—	i	—	— *pratensis*	—	i	i
— *macrostachys*	—	II	—	— *trivialis*	i	III	—
— *madritensis*	—	III+	—	*Secale cereale*	i	i	I
— *maximus*	—	O	—	*Trisetum flavescens*	—	III	—
— *mollis*	—	O	—	*Triticum vulgare*	i	i	i
— *tectorum*	—	III	—	*Vulpia myuros*	—	III	IV—

J) **Rouille noire des Arrhenatherum**

La forme de Rouille noire qui parasite *Arrhenatherum elatius* et *Dactylis glomerata*, au lieu-dit les Fontenelles à Thiverval (Seine-et-Oise), est en rapport étroit avec les écidies portées par les buissons de *Berberis vulgaris* qui se trouvent à proximité immédiate.

L'étude de cette forme a été réalisée en 1951 et 1952 à partir du matériel suivant :

Ar 7 : à partir d'urédospores prélevées sur *Arrhenatherum elatius*, Les Fontenelles près Thiverval (Seine-et-Oise), 28 juin 1951.
Ar 8 : à partir d'écidiospores obtenues expérimentalement par passage sur *Berberis* de téleutospores récoltées sur *Arrhenatherum elatius*, même station, 25 août 1951.

Les résultats expérimentaux, groupés dans le tableau XIII, montrent qu'il s'agit de la f. sp. ***arrhenatheri*** de ***P. graminis***. Rappelons qu'*Arrhenatherum elatius* peut porter également les f. sp. ***avenae*** et ***lolii*** et une forme qui nous est apparue être un hybride entre les f. sp. ***avenae*** et ***tritici*** (souche Ar 5 étudiée en 1946).

K) Rouille noire des Briza

Une souche de Rouille noire, récoltée au stade urédo sur les chaumes de *Briza media*, au Jardin botanique de Grignon, le 16 août 1951, n'a pas révélé sa spécialisation parasitaire ; *Avena sativa, Hordeum vulgare, Lolium perenne, Secale cereale* et *Triticum vulgare* n'ont pu être, en effet, infectés avec succès.

L) Rouille noire des Cynosurus

Une souche Cy 1, provenant d'urédospores prélevées sur *Cynosurus cristatus* à Sainte Maxime (Var) le 23 août 1951, semble appartenir à la f. sp. ***avenae*** de ***P. graminis***.

Par contamination de jeunes plantules en serre, elle a, en effet, montré la disposition parasitaire suivante : degré d'attaque III sur *Avena sativa*, degré d'attaque II + sur *Dactylis glomerata* et *Phleum arenarium* ; par contre, sont demeurés réfractaires à toute infection *Anthoxanthum odoratum, Arrhenatherum elatius, Cynosurus aureus* et *echinatus, Gaudinia fragilis, Lagurus ovatus, Lolium perenne, Secale cereale, Triticum vulgare* et *Vulpia myuros*.

M) Rouille noire des Dactylis

Une souche D 2, provenant d'écidiospores expérimentalement obtenues à partir de téleutospores prélevées sur les chaumes de *Dactylis glomerata*, à Auron près de Saint-Etienne-de-Tinée (Alpes Maritimes), le 1er octobre 1951, a été étudiée en 1952 ; les résultats de cette expérimentation sont groupés dans le tableau XIII et montrent qu'il s'agit vraisemblablement de la f. sp. ***arrhenatheri*** de ***P. graminis.***

N) Rouille noire des Elymus

Nous renvoyons aux paragraphes C (p. 108) et A (p. 101) pour les souches E 9 et E 10, isolées en 1953 sur *Elymus europaeus* et qui appartiennent respectivement à la f. sp. ***secalis*** et à la f. sp. ***tritici*** (race 21) de ***P. graminis.***

O) Rouille noire des Festuca

Une souche L 5, provenant d'urédospores prélevées sur *Festuca arundinacea* à Vallouise (Hautes Alpes), 1100 m alt., le 16 juillet 1952 n'a pu être transmise à *Avena sativa* ni à *Lolium perenne*. Seuls *Festuca*

arundinacea et *pratensis* ont été infectés au degré III. Les quatre premières souches étudiées par nous, au cours des années précédentes, avaient montré leur appartenance à la f. sp. ***lolii*** de ***P. graminis.***

P) Rouille noire des Lolium

Une souche L 22 a été étudiée en 1951, à partir d'urédospores prélevées sur *Lolium perenne* à Grignon le 1er août 1951 ; il s'agit probablement de la f. sp. ***lolii*** définie par nous en 1946. Cette souche a montré, en effet, la spécialisation suivante : degré d'attaque III sur *Lolium multiflorum* et *perenne, Phleum arenarium* et *Sesleria cylindrica*, degré d'attaque II sur *Bromus secalinus* et *sterilis, Elymus canadensis, Holcus lanatus, Lolium temulentum* et *Melica ciliata*, degré d'attaque I sur *Gaudinia fragilis, Holcus mollis* et *Lolium italicum* ; par contre *Anthoxanthum odoratum, Arrhenatherum elatius, Avena sativa, Brachypodium pinnatum* et *sylvaticum, Bromus erectus, Cynosurus echinatus, Festuca arundinacea, ovina* et *pratensis, Koeleria villosa, Lagurus ovatus, Secale cereale, Triticum vulgare* et *Vulpia myuros* sont demeurés indemnes.

Q) Rouille noire des Phleum

C'est vraisemblablement à la f. sp. ***phlei-pratensis*** de ***P. graminis*** qu'il faut rattacher la souche Phl 2, expérimentalement étudiée en serre à partir d'urédospores prélevées sur les chaumes fortement atteints de *Phleum pratense* à Grignon le 16 juillet 1951.

Les essais d'infection de diverses céréales et Graminées ont, en effet, donné lieu aux degrés d'attaque suivants : III sur *Phleum arenarium*, II + sur *Arrhenatherum elatius*, II — sur *Hordeum vulgare, Lolium perenne* et *temulentum*, I sur *Cynosurus aureus, Dactylis glomerata* et *Phleum pratense* et O sur *Phleum boehmeri*. Par contre, *Aegilops ovata, Agrostis alba, Alopecurus pratensis, Anthoxanthum odoratum, Avena sativa, Bromus maximus, mollis* et *tectorum, Cynosurus echinatus, Elymus virginicus, Festuca arundinacea, Gaudinia fragilis, Holcus lanatus* et *mollis, Koeleria villosa, Lagurus ovatus, Lolium italicum* et *multiflorum, Melica ciliata, Poa pratensis, Secale cereale, Triticum monococcum* et *vulgare* sont demeurés réfractaires à l'infection par le parasite.

Par ses aptitudes parasitaires, cette souche possède certaines affinités avec les f. sp. ***lolii,*** dont les hôtes principaux sont les *Lolium*, et ***arrhenatheri,*** dont l'hôte essentiel est l'Avoine élevée.

R) Rouille noire des Poa

Une souche P 4, isolée sur *Poa alpina* (d'origine savoyarde et repiqué au Jardin Botanique de Grignon) le 15 juillet 1953, a montré une

spécialisation parasitaire assez étroite. Le degré d'attaque IV a été observé sur *Poa alpina* ; *Poa pratensis* et *trivialis* n'ont été attaqués qu'au degré I ; le Seigle a montré une légère attaque de type O + ; les autres Graminées soumises à l'infection se sont montrées réfractaires. C'est ainsi qu'*Anthoxanthum odoratum, Elymus virginicus, Festuca gigantea* et *sylvatica, Lolium italicum, multiflorum* et *perenne* et *Sesleria coerulea* sont demeurés indemnes, ainsi d'ailleurs que *Poa nemoralis* et *palustris*.

V. — RÉSUMÉ

Au cours des années 1951 à 1953, les observations et expérimentations sur la Rouille noire des Graminées ***(Puccinia graminis)*** ont été poursuivies, en nature et en serre, au Laboratoire de Botanique de l'Ecole Nationale d'Agriculture de Grignon.

Les dégâts provoqués par la maladie sur les céréales en terre ont été peu marqués en 1951 et en 1952 et d'intensité moyenne en 1953. En dehors des variétés antérieurement considérées comme résistantes, certaines variétés provenant d'Amérique du Sud et cultivées pour la première fois à Grignon en 1953 ont montré une résistance satisfaisante.

87 essais d'obtention d'écidies sur *Berberis* ont été tentés à partir de pailles rouillées de Graminées variées provenant de diverses régions de France, 31 ont été couronnés de succès.

L'expérimentation en serre a porté au total sur 82 souches de Rouille noire dont :

P. gr. tritici : 54 souches dont 14 en 1951 (race 14 identifiée 1 fois ; race 17, 3 fois ; race 21, 4 fois ; race 40, 4 fois ; race 133, 2 fois), 8 en 1952 (race 14 identifiée 2 fois ; race 15, 1 fois ; race 21, 3 fois ; race 133, 2 fois) et 32 en 1953 (race 14 identifiée 3 fois ; race 15, 4 fois ; race 17, 20 fois ; race 19, 2 fois ; race 21, 3 fois) ; sur ces 54 souches, 49 provenaient du Blé, 3 de l'Orge, 1 d'*Aegilops ovata* et 1 d'*Elymus europaeus*.

P. gr. secalis : 11 souches dont 4 en 1951, 2 en 1952 et 5 en 1953 ; sur ces 11 souches, 4 provenaient du Seigle, 5 d'*Agropyrum repens* et sp., 1 d'*Elymus europaeus* et 1 de l'Orge cultivée.

P. gr. avenae : 4 souches en 1951, dont 3 provenaient de l'Avoine et 1 de *Cynosurus echinatus*.

P. gr. agrostidis : 2 souches (dont 1 en 1951 et 1 en 1952) provenant d'*Agrostis* sp.

P. gr. arrhenatheri : 3 souches, dont 2 en 1951 (1 provenant d'*Arrhenatherum elatius*, 1 de *Dactylis glomerata*) et 1 en 1952 (provenant d'*Arrhenatherum elatius*).

P. gr. lolii : 1 souche en 1951 (provenant de *Lolium perenne*).

P. gr. phlei-pratensis : 1 souche en 1951 (provenant de *Phleum pratense*).

TABLEAU XIV

*Répartition des races biologiques de **Puccinia graminis tritici** en France, au cours des années 1951 à 1953, selon les années, selon les régions et selon les hôtes spontanés*

	Répartition selon les années			Répartition selon les régions	Répartition selon les hôtes spontanés
	1951	1952	1953		
race 14 ...	1 fois	2 fois	3 fois	Nord : Somme. Est : Haute-Savoie. Midi : Hérault. Sud-Ouest : Haute-Garonne, Lot.	Blé (5 fois). *Ægilops ovata* (1 fois).
race 15 ...	1 fois		4 fois	Région parisienne. Centre : Cher. Sud-Ouest : Haute-Garonne.	Blé (4 fois). *Hordeum murinum* (1 fois).
race 17 ...	3 fois		20 fois	Nord : Oise, Somme. Est : Champagne. Midi : Aude, Hérault, Vaucluse, Bouches-du-Rhône. Sud-Ouest : Haute-Garonne.	Blé (22 fois). *Hordeum leporinum* (1 fois).
race 19 ...			2 fois	Est : Champagne. Centre : Corrèze.	Blé (2 fois).
race 21 ...	5 fois	2 fois	3 fois	Région parisienne. Midi : Hérault, Vaucluse, Bouches-du-Rhône.	Blé (8 fois). Orge (1 fois). *Elymus europaeus* (1 fois).
race 40 ...	4 fois			Région parisienne. Midi : Hérault.	Blé (4 fois).
race 133 ..	1 fois	1 fois		Région parisienne. Midi : Aude.	Blé (2 fois).

Cinq souches (1 provenant d'*Aira coespitosa*, 1 d'*Anthoxanthum odoratum*, 1 de *Briza media*, 1 de *Festuca arundinacea* et 1 de *Poa alpina*) n'ont pu être rapportées avec certitude à aucune forme spéciale déjà définie.

Le comportement d'un grand nombre de variétés de céréales ou de souches de Graminées a été étudié à l'égard de ces diverses souches, grâce à environ 12 000 essais de contaminations expérimentales en serre.

Une attention particulière a été prêtée au comportement des céréales et des Graminées à l'égard des races biologiques de ***P. graminis tritici*** et en particulier vis-à-vis de la race 40, qui s'est révélée nettement la race la plus virulente existant actuellement sur le territoire français. Les races 19, 40 et 133, qui n'avaient pas été reconnues par nous

jusqu'alors, ont été isolées dans notre pays, en dehors des races 14, 15, 17 et 21 antérieurement signalées et toujours présentes sur notre territoire ; pour l'ensemble des trois années 1951 à 1953, la race 17 a été isolée dans 23 cas, la race 21 dans 10 cas, la race 14 dans 6 cas, la race 15 dans 5 cas, la race 40 dans 4 cas, la race 133 dans 4 cas et la race 19 dans 2 cas.

Le tableau XIV reproduit, pour les années 1951 à 1953, la répartition des races biologiques de ***Puccinia graminis tritici*** selon les années, selon les régions et selon les hôtes spontanés.

Le Directeur-Gérant : B. LACLAVIÈRE.

Imprimerie BUSSIÈRE à Saint-Amand (Cher), France — 3-9-1955.
Dépôt légal : 3e trimestre 1955 *N° d'impression : 824*

DE L'EFFET BIOSTATIQUE SÉLECTIF EXERCÉ PAR CERTAINES PLANTES PHYTOTOXIQUES SUR LA MICROFLORE DU SOL

PAR

L. GUYOT, J. GUILLEMAT et J. MONTÉGUT
Laboratoire de recherches annexé à la Chaire de Botanique,
Ecole Nationale d'Agriculture de Grignon

PLAN DU MÉMOIRE

I. — INTRODUCTION

Nos recherches en cours sur les Phanérogames phytotoxiques nous ont amenés, en diverses circonstances, à observer des effets d'inhibition ou de stimulation exercés sur le développement de certains champignons dont les germes avaient été accidentellement mis au contact des jus végétaux utilisés. Deux notes antérieurement publiées par nous [1] font état de l'effet sélectif exercé par l'extrait aqueux de poudre de sommités fleuries d'Hellébore sur certains éléments de la microflore fongo-bactérienne du sol et de l'air ; le développement des Actinomycètes et de certains champignons (***Aspergillus***, ***Penicillium***) est favorisé, celui des bactéries et de nombreux autres champignons (Mucorales en particulier) est entravé.

[1] L. Guyot et J. Montégut : Sur l'effet fongostatique sélectif de l'extrait aqueux de poudre de sommités fleuries d'Hellébore (*C. R. séances Acad. Sciences*, t. 237, 1953, pp. 200-202).
J. Guillemat, L. Guyot et J. Montégut : De l'action sélective exercée par certaines plantes phytotoxiques sur la microflore du sol (publications du huitième Congrès International de Botanique, Paris, 1954 : rapports et communications aux sections 21 à 27, pp. 53-54).

C'est dans le but de préciser cette action particulière de l'Hellébore et d'étendre cette étude au cas de quelques autres plantes phytotoxiques que nous avons engagé diverses expérimentations dont il est rendu compte dans les chapitres qui suivent.

II. — ETUDE SUR *HELLEBORUS FOETIDUS* L.

A) ACTION DE L'HELLÉBORE AUX FORTES CONCENTRATIONS

a) Racines

Essai n° 10 (1)

Un extrait aqueux au 1/10 est ajouté à un même volume de Czapek de façon à obtenir un milieu nutritif liquide au 1/20, lequel est réparti en un certain nombre de flacons Ehrlenmeyer. Dans ces flacons sont ensemencés les champignons suivants : ***Alternaria solani***, ***Aspergillus versicolor***, ***Gliocladium roseum***, ***Fusarium lateritium***, ***Fusarium oxysporum*** et ***Penicillium chrysogenum***.

Après six jours de culture, on n'observe aucune trace de développement chez aucune de ces six espèces de champignon.

Ici, l'action fongostatique du milieu de culture se complète d'une action fongicide, car l'addition de Czapek stérile à ce même milieu, de façon à réaliser une concentration en Hellébore égale à 1/1 000 (concentration non fongostatique en elle-même : voir p. 128), ne permet le départ d'aucun développement mycélien dans aucun des Ehrlenmeyers précités.

Essai n° 11 (2)

Des fragments de radicules de *Sinapis arvensis* (prélevées dans une friche des environs de Grignon), ainsi que des particules de terre recueillies en place au contact de ces radicules, sont ensemencés en boîtes de Pétri, d'une part sur Czapek gélosé (témoin), d'autre part sur ce même milieu enrichi au 1/20 d'extrait aqueux de racines d'Hellébore.

On observe :

1° Sur le Czapek témoin : développement fongo-bactérien luxuriant et complexe, à base de ***Mucor*** sp. (dont surtout ***Actinomucor repens***) ;

2° sur le Czapek helléboriné : aucun développement d'aucune sorte.

(1) Les racines sont récoltées le 31 octobre 1953 et (après dessiccation naturelle à l'air) réduites en poudre le 13 novembre 1953 ; l'extrait est préparé le 21 novembre 1953 et utilisé ce même jour.
(2) Mêmes conditions de récolte et d'utilisation que pour l'essai n° 10.

b) **Feuilles**

ESSAI N° 12 (1)

Des flacons Ehrlenmeyer reçoivent, les uns du Czapek liquide, les autres ce même milieu enrichi au 1/20 d'extrait aqueux de feuilles d'Hellébore ; dans ces flacons sont ensemencés comparativement divers champignons (***Aspergillus versicolor*, *Fusarium lateritium*, *Fusarium oxysporum*, *Penicillium chrysogenum***).

Le mycélium formé est pesé (après filtration sous vide et dessiccation à l'étuve) au bout de 10 jours de culture ; on note :

	Poids du mycélium formé	
	en Czapek helléboriné	en Czapek témoin
Aspergillus versicolor	3 flacons { 0, 0, 0 — ***0***	3 flacons { 127, 128, 136 — moy. ***130*** mmg
Fusarium lateritium	3 flacons { 93, 125, 123,5 — moy. ***114*** mmg	3 flacons { 41,5, 50, 54 — moy. ***48*** mmg
Fusarium oxysporum	3 flacons { 0, 0, 0 — ***0***	3 flacons { 80, 83,5, 111 — moy. ***91*** mmg
Penicillium chrysogenum	3 flacons { 0, 0, 0 — ***0***	1 flacon : ***131,5*** mmg

A l'exception du ***Fusarium lateritium*** (sur le cas duquel nous reviendrons plus loin : voir p. 137), l'action fongostatique du Czapek helléboriné a été totale pour tous les champignons mis à l'essai.

ESSAI N° 13 (2)

Des fragments de radicules de *Centaurea cyanus* (prélevées dans une friche des environs de Grignon), ainsi que des particules de terre recueillies en place au contact de ces radicules, sont ensemencés en boîtes de Pétri, d'une part sur Czapek gélosé (témoin), d'autre part sur ce même milieu enrichi respectivement au 1/10 et au 1/20 d'extrait aqueux de feuilles d'Hellébore.

On observe :

(1) Mêmes conditions de récolte et d'utilisation que pour l'essai n° 10.
(2) Récolte des feuilles : mai 1953. Dessiccation et pulvérisation des feuilles sitôt après récolte. Préparation et utilisation de l'extrait aqueux en janvier 1954.

1° Sur le Czapek témoin : de très nombreuses colonies bactériennes, quelques colonies d'***Actinomyces*** ét des colonies fongiques correspondant à 42 espèces différentes de champignons (pour l'énumération spécifique de ceux-ci, voir p. 131).

2° Sur le Czapek helléboriné au 1/20 :

— aucun développement bactérien,

— aucun développement d'***Actinomyces***,

— aucun développement fongique par ensemencement par fragments de radicules,

— 17 colonies fongiques appartenant à 5 espèces différentes de champignons (13 de ***Penicillium cyclopium***, 1 de ***Penicillium nigricans***, 1 d'***Aspergillus quercina***, 1 de ***Fusarium*** sp. et 1 de ***Pestalozzia*** sp.) par ensemencement par particules de terre [1].

3° Sur le Czapek helléboriné au 1/10 :

— aucun développement bactérien,

— aucun développement d'***Actinomyces***,

— 2 colonies fongiques (appartenant l'une et l'autre à ***Penicillium cyclopium***) pour chacun des ensemencements par fragments de radicules et par particules de terre.

L'effet fongostatique s'apprécie aussi au retard sensible apporté au départ visible des premières colonies :

1° Sur le Czapek témoin :

nombreuses colonies aisément perceptibles dès 24 heures après l'ensemencement.

2° Sur le Czapek helléboriné au 1/20 :

les colonies de ***Penicillium cyclopium*** et d'***Aspergillus quercina*** se remarquent 2 jours après l'ensemencement, et les colonies de ***Penicillium nigricans***, ***Fusarium*** sp. et ***Pestalozzia*** sp. 4 jours après l'ensemencement.

3° Sur le Czapek helléboriné au 1/10 :

aucune colonie visible 3 jours après l'ensemencement, apparition des colonies de ***Penicillium cyclopium*** 4 jours après l'ensemencement.

Essai n° 14 [2]

Cet essai, réalisé selon la même technique que l'essai précédent n° 13, donne lieu aux constatations suivantes :

(1) L'absence de développement fongique à partir des fragments de radicules tient vraisemblablement, en partie du moins, au fait que les radicules ensemencées avaient été préalablement lavées longuement à l'eau stérile.

(2) Récolte des feuilles : mai 1953. Dessiccation et pulvérisation des feuilles sitôt après récolte. Préparation et utilisation de l'extrait aqueux le 20 février 1954.

	Sur Czapek témoin		Sur Czapek helléboriné au 1/20	
	nombre de colonies	nombre d'espèces	nombre de colonies	nombre d'espèces
Bactéries	très nombreuses		o	
Actinomyces	1, 8, 8, 9, 10		o	
Champignons	5, 5, 7, 15, 100	3, 3, 3, 4, 10	o	

c) Inflorescences

ESSAI N° 7 (1)

Un extrait aqueux de poudre de sommités fleuries d'Hellébore est ajouté, sans stérilisation préalable, à un Czapek gélosé en boîtes de Pétri, de façon à réaliser toute une gamme de concentrations allant de 1/20 à 1/100 000. Les germes apportés par l'extrait utilisé provoquent une pullulation bactérienne plus ou moins intense et un développement fongique exubérant (***Penicillium*** et ***Mucor*** surtout) sur les milieux les moins chargés en Hellébore ($c = 1/50\,000$ à $1/100\,000$), tandis que, sur les milieux les plus chargés en Hellébore ($c = 1/20$ à $1/100$), on observe un développement bactérien nul, de rares colonies de levures (***Torula***) et des colonies fongiques en général peu nombreuses (***Penicillium*** surtout ; absence totale de ***Mucor***) ; l'absence totale de ***Mucor*** se remarque même pour des concentrations allant de 1/500 à 1/10 000.

ESSAI N° 8 (2) :

Cet essai, réalisé selon la même technique que l'essai précédent n° 7, permet d'observer :

1° Pour la concentration $c = 1/100$:

pullulation bactérienne intense, développement fongique nul.

2° Pour la concentration $c = 1/20$:

développement bactérien nul, voile mycélien presque imperceptible.

ESSAI N° 9 (2) :

Sur les boîtes de Pétri ($c = 1/20$) de l'essai précédent n° 8, des espèces fongiques variées (appartenant aux genres ***Aspergillus***, ***Fusarium***, ***Gliocladium***, ***Gliomastix***, ***Monilia***, ***Pestalozzia***, ***Stysanus*** et ***Trichoderma***) sont ensemencées ; on n'observe qu'un

(1) Récolte des sommités fleuries le 20 mars 1953 ; utilisation le 9 juin 1953.
(2) Récolte des sommités fleuries le 19 juin 1953 ; utilisation immédiate.

voile mycélien extrêmement ténu. Par contre, deux espèces de ***Penicillium*** isolées d'une terre de culture offrent un développement normal.

ESSAIS Nº 2 ET 3 (1) :

Des sommités fleuries d'Hellébore sont réduites en poudre (après dessiccation) et ensemencées, sans stérilisation préalable, sur Czapek gélosé en boîtes de Pétri ; les germes apportés par la poudre permettent le développement de colonies fongiques appartenant à diverses espèces de ***Penicillium*** (***chrysogenum*** et ***meleagrinum*** surtout) (essai nº 2).

Un extrait aqueux de cette même poudre est ajouté, sans stérilisation préalable, à un Czapek gélosé en boîtes de Pétri, de façon à réaliser diverses concentrations allant de 1/100 à 1/10 000 ; on n'observe dans ces boîtes le développement d'aucun des microorganismes bactériens ou fongiques apportés par la poudre utilisée (essai nº 3).

ESSAI Nº 4 (1) :

Sur les boîtes de Pétri déjà utilisées dans l'essai précédent nº 3, des espèces fongiques variées appartenant aux genres ***Aspergillus***, ***Fusarium*** et ***Trichoderma*** sont ensemencées ; ces champignons se refusent à pousser.

ESSAI Nº 5 (1) :

Ouvertes et exposées à l'air libre pendant plusieurs jours consécutifs, les boîtes de Pétri déjà utilisées dans les essais précédents nº 3 et 4 ne donnent lieu au développement d'aucun organisme bactérien ou fongique.

ESSAI Nº 6 (1)

Sur les boîtes de Pétri déjà utilisées dans les essais précédents nº 3, 4 et 5 sont ensemencées des particules d'une terre de culture à microflore particulièrement riche ; on observe le développement luxuriant de deux espèces de ***Penicillium***, sans apparition d'aucun autre microorganisme fongique ou bactérien, alors que les boîtes-témoins sont rapidement recouvertes par un voile dense myco-bactérien où dominent en particulier les ***Mucor***.

Conclusions

Aux plus fortes concentrations utilisées pour un organe donné de l'Hellébore et à un moment donné de l'année, on observe une nette

(1) Récolte des sommités fleuries le 20 mars 1953 ; utilisation immédiate.

action fongostatique (parfois aussi fongicide) en même temps que bactériostatique (il n'a pas été recherché si l'action constatée est éventuellement bactéricide).

La concentration correspondant à l'effet biostatique le plus net est de l'ordre de 1/20 à 1/10 s'il s'agit d'un extrait aqueux de poudre de racines ou de poudre de feuilles.

La concentration aboutissant au même effet varie dans de bien plus larges limites s'il s'agit d'un extrait aqueux de poudre de sommités fleuries, qui se révèle plus active en général que la poudre de racines ou de feuilles ; l'effet biostatique, constant pour la concentration $c = 1/20$, se remarque aussi avec plus ou moins de netteté pour les concentrations allant de 1/50 à 1/500 (certains champignons tels que les ***Mucor*** peuvent être totalement inhibés dans leur développement, même pour des concentrations allant de 1/500 à 1/10 000).

L'effet biostatique des inflorescences d'Hellébore dépend de la date de récolte et des conditions d'utilisation ; très net pour des sommités fleuries récoltées en pleine floraison et utilisées immédiatement, il est sérieusement diminué pour une récolte ou une utilisation retardées.

L'effet biostatique de l'Hellébore s'exerce à l'égard de la plupart des organismes bactériens ou fongiques qui sont les hôtes normaux de l'atmosphère et du sol ; seul, un petit nombre d'espèces fongiques appartenant presque toutes (pour les conditions de nos expériences) aux genres ***Fusarium*** et ***Penicillium*** ne sont pas ou ne sont que peu gênées dans leur installation et dans leur maintien sur milieu nutritif helléboriné.

B) ACTION DE L'HELLÉBORE AUX FAIBLES CONCENTRATIONS

a) Racines

ESSAI N° 11 (voir p. 120)

Des fragments de radicules de *Sinapis arvensis* (prélevées dans une friche des environs de Grignon), ainsi que des particules de terre recueillies en place au contact de ces radicules, sont ensemencés en boîtes de Pétri, d'une part sur Czapek gélosé (témoin), d'autre part sur ce même milieu enrichi au 1/1 000 d'extrait aqueux de racines d'Hellébore.

On observe :

1° Sur le Czapek témoin : développement fongo-bactérien luxuriant et complexe, à base de ***Mucor*** sp. (dont surtout ***Actinomucor repens***).

2° Sur le Czapek helléboriné : envahissement net par les ***Mucor*** (sauf toutefois ***Actinomucor repens***, qui ne prend pas le dessus sur les organismes associés de façon aussi évidente que chez le témoin) ;

seuls, quelques ***Fusarium*** très aériens ou quelques ***Aspergillus*** et ***Penicillium*** à forte sporulation peuvent être isolés dans des conditions moins défavorables que chez le témoin.

b) **Feuilles**

Essai n° 13 (voir p. 121)

Des fragments de radicules de *Centaurea cyanus* (prélevées dans une friche des environs de Grignon), ainsi que des particules de terre recueillies en place au contact de ces radicules, sont ensemencés en boîtes de Pétri, d'une part sur Czapek gélosé (témoin), d'autre part sur ce même milieu enrichi, à concentration variable, d'extrait aqueux de feuilles d'Hellébore.

Les boîtes contenant respectivement 1/1 000 et 1/500 d'extrait aqueux de feuilles d'Hellébore ne montrent aucune différence appréciable par rapport aux boîtes-témoins ; on y observe, dans l'ensemble, le développement de très nombreuses bactéries, de quelques Actinomycètes et, au total, de 72 espèces de champignons.

Essai n° 14 (voir p. 122)

Cet essai, réalisé selon la même technique que l'essai précédent n° 13, donne lieu aux constatations suivantes :

	Sur Czapek témoin		Sur Czapek helléboriné au 1/1 000		Sur Czapek helléboriné au 1/500	
	nombre de colonies	nombre d'espèces	nombre de colonies	nombre d'espèces	nombre de colonies	nombre d'espèces
Bactéries	très nombreuses		très nombreuses		nombreuses	
Actinomyces	1, 8, 8, 9, 10		4, 7		1, 1, 7, 12	
Champignons	5, 5, 7, 15, 100	3, 3, 3, 4, 10	4, 7	3, 3	3, 6, 11, 100	2, 3, 4, 6

Aucun effet sensible ne résulte de l'addition d'Hellébore aux concentrations respectives de 1/1 000 et 1/500.

c) **Inflorescences**

Essai n° 7 (voir p. 123)

Cet essai, déjà relaté ci-dessus, ne met en évidence aucun effet particulier de l'Hellébore (extrait aqueux de poudre de sommités fleu-

ries) lorsque celui-ci est ajouté au milieu de culture à des doses allant de 1/50 000 à 1/100 000 ; par contre, une entrave totale au développement des ***Mucor*** se remarque pour les concentrations en Hellébore égales ou supérieures à 1/10 000.

ESSAIS N° 2, 3, 4 et 5 (voir p. 124)

L'addition, à du Czapek gélosé en boîtes de Pétri, d'un extrait aqueux de poudre de sommités fleuries d'Hellébore, à diverses concentrations allant de 1/100 à 1/10 000, s'oppose au développement de toute sorte de microorganisme bactérien ou fongique, alors même qu'un ensemencement artificiel est assuré, soit par apport de germes de ***Penicillium*** (***chrysogenum*** et ***meleagrinum*** surtout) (essais n° 2 et 3) ou d'espèces variées appartenant aux genres ***Aspergillus***, ***Fusarium*** et ***Trichoderma*** (essai n° 4), soit par exposition prolongée à l'air libre du milieu de culture (essai n° 5).

ESSAI N° 6 (voir p. 124)

Entrave complète au développement des ***Mucor*** et des bactéries, sur Czapek gélosé et artificiellement enrichi en Hellébore à diverses concentrations allant de 1/100 à 1/10 000 (seules deux espèces de ***Penicillium***, apportées par la terre de culture utilisée comme ensemençat, témoignent d'une évolution luxuriante pour les mêmes conditions expérimentales).

ESSAI N° 7 (voir p. 123)

Sur Czapek gélosé en boîtes de Pétri, on observe :

1° En présence d'Hellébore à 1/100 000 :
nombreuses colonies bactériennes,
développement des ***Mucor***.

2° En présence d'Hellébore à 1/10 000 :
pullulation bactérienne moins intense,
absence de ***Mucor***.

ESSAI N° 16) [1] :

Du Czapek gélosé en boîtes de Pétri est ensemencé par ***Fusarium oxysporum*** ; on note, 12 jours après l'ensemencement, le diamètre des colonies évoluées du champignon :

1° Sur le témoin (sans Hellébore) :
53, 54, 57, 57, 58, 59, 62 et 63 mm, en moyenne 58 mm.

(1) Récolte des sommités fleuries le 20 mars 1953 ; utilisation le 20 juin 1953.

2° En présence de 1/100 000 d'Hellébore :
55, 57, 60 et 60 mm, en moyenne **58** mm.

3° En présence de 1/50 000 d'Hellébore :
56, 56, 57 et 60 mm, en moyenne **57** mm.

4° En présence de 1/10 000 d'Hellébore :
62, 62, 64 et 65 mm, en moyenne **63** mm.

Aucun effet réellement significatif ne ressort de l'apport d'Hellébore aux doses ci-dessus indiquées.

Conclusions

Les concentrations en Hellébore (extrait aqueux de poudre d'organe sec) pour lesquelles ne se remarque aucun effet sensible (ou seulement un effet très atténué) sur le développement des microorganismes bactériens et fongiques sont les suivantes, selon la nature de l'organe utilisé :

1° racines : 1 1 000 (un seul essai) ;
2° feuilles : 1/1 000 et 1/500 (deux essais concordants) ;
3° inflorescences : 1/100 000 et 1/50 000 (plusieurs essais concordants).

Par contre, un effet dépressif évident est exercé sur le développement de nombreux microorganismes tant bactériens que fongiques dans tous les cas où les sommités fleuries d'Hellébore sont utilisées à une concentration (en extrait aqueux de poudre) égale ou supérieure à 1/10 000 ; cette entrave est particulièrement nette à l'égard des bactéries et des ***Mucor***, tandis qu'au contraire certaines espèces fongiques appartenant aux genres ***Fusarium*** et ***Penicillium*** témoignent d'une indifférence plus ou moins marquée à l'égard de l'apport d'Hellébore sous cette forme.

C) ACTION DE L'HELLÉBORE AUX CONCENTRATIONS INTERMÉDIAIRES

Ainsi que nous l'avons montré dans les deux chapitres précédents, l'addition à un milieu de culture d'un extrait aqueux de poudre d'organe aérien ou souterrain d'Hellébore entraîne une perturbation plus ou moins sensible des conditions de développement des microorganismes bactériens ou fongiques ensemencés, isolément ou conjointement, sur ce milieu de culture. Cet effet perturbateur apparaît d'intensité très inégale en fonction :

1° de la nature des microorganismes étudiés

D'une façon générale, les bactéries, les ***Actinomyces*** et certains champignons tels que les ***Mucor*** sont particulièrement sensibles, tandis que d'autres champignons (appartenant surtout aux genres ***Fusarium*** et ***Penicillium***) se révèlent plus ou moins indifférents.

Selon la structure du complexe fongique mis à l'épreuve, l' « effet Hellébore » est donc uniforme ou sélectif.

2° de la nature de l'organe végétal utilisé

Les sommités fleuries de l'Hellébore sont nettement plus actives que les feuilles et que les racines de la plante.

3° de la concentration du milieu de culture en Hellébore actif

Aux concentrations les plus fortes s'observe un effet biostatique parfois remarquable à l'égard des bactéries et des ***Actinomyces***, ainsi que des types de champignons sensibles à l' « effet Hellébore ».

Cet effet biostatique diminue en intensité au fur et à mesure que la concentration en Hellébore actif est elle-même diminuée et cesse d'être perceptible aux dilutions les plus grandes.

Le tableau suivant rend compte des modifications subies par l' « effet Hellébore » en fonction des variations provoquées des circonstances expérimentales :

Nature de l'organe utilisé	Concentrations correspondant à un effet biostatique net (uniforme ou sélectif)	Concentrations correspondant à un effet biostatique nul ou très atténué
Racines	1/10 à 1/20	1/1 000
Tiges....................	1/10 à 1/20	1/500 à 1/1 000
Inflorescences	1/20 à 1/10 000	1/50 000 à 1/100 000

Il nous a paru plus particulièrement digne d'intérêt de préciser les modalités de l'action sélective exercée par l'Hellébore, pour les concentrations intermédiaires s'inscrivant entre les concentrations extrêmes mentionnées dans le tableau précité ; cette étude, qui comporte d'une part une expérimentation sur complexes fongiques ou fongo-bactériens et d'autre part une expérimentation sur organismes fongiques isolés, nous a permis un certain nombre de constatations intéressantes que nous rappelons ci-dessous.

1° Expérimentation sur complexes fongiques ou fongo-bactériens

a) Racines

ESSAI N° 11 (voir p. 120 et 125).

Des fragments de radicules de *Sinapis arvensis* (prélevées dans une friche des environs de Grignon), ainsi que des particules de terre recueillies en place au contact de ces radicules, sont ensemencés, en boîtes de Pétri, sur Czapek helléboriné à doses variables (1/20 à 1/1 000).

On observe :

1° Témoin : développement fongo-bactérien luxuriant et complexe (***Mucor*** sp. particulièrement abondants et envahissant complètement les boîtes de culture dès 2 jours après l'ensemencement).

2° *c* = 1/1 000 : *id.* (***Aspergillus*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium***, etc...).

3° *c* = 1/500 :
— colonies bactériennes assez nombreuses,
— actinomycètes normalement développés,
— colonies fongiques assez nombreuses, dont :
Aspergillus (***fumigatus*** et ***niger***)
Fusarium (***oxysporum*** et ***solani*** : nombreuses colonies)
Penicillium (***cyclopium*, *nigricans*** et ***puberulans*** : assez bien développés)
Mucor sp. (médiocrement développés)
divers (1 ***Botryotrichum***, 1 ***Pestalozzia***, 1 ***Phoma***, 1 ***Trichoderma***, 1 Pythiacée)

4° *c* = 1/100 :
— colonies bactériennes assez nombreuses,
— Actinomycètes médiocrement développés,
— colonies fongiques peu nombreuses, dont :
Ascodesmis (***echinulata*** : 1 colonie),
Aspergillus (***echinulatus*** : 1 colonie),
Fusarium (***oxysporum*** : 3 colonies ; sp. : 2 colonies),
Pestalozzia sp. (1 colonie),
Sporormia sp. (1 colonie),
Ascomycète (? Eurotiacée : 1 colonie)
Mycélium stérile (jaune-soufre vif : 1 colonie).

5° *c* = 1/50 :
— colonies bactériennes rares (développées seulement au contact des particules de terre de diamètre important),

— une seule colonie fongique (***Penicillium asperum***) développée après huit jours de culture.

6° $c = 1/20$: aucun développement d'aucune sorte.

En résumé, pour les concentrations allant de 1/50 à 1/500, on remarque :

— entrave plus ou moins nette au développement des bactéries, des Actinomycètes et des ***Mucor***,

— action sélective en faveur surtout des ***Aspergillus***, ***Fusarium*** et ***Penicillium*** et aussi (pour $c = 1/100$) en faveur de quelques Ascomycètes (***Ascodesmis***, ***Aspergillus echinulatus***, ***Penicillium asperum***, ***Sporormia***, ? Eurotiacée, ? mycélium stérile jaune-soufre vif) dont le développement eût certainement passé inaperçu (ou peut-être même ne fût pas survenu) sur un milieu de culture non enrichi en Hellébore.

b) **Feuilles**

ESSAI N° 13 (voir p. 121 et 126)

Des fragments de radicules de *Centaurea cyanus* (prélevées dans une friche des environs de Grignon), ainsi que des particules de terre recueillies sur place au contact de ces radicules, sont ensemencés, en boîtes de Pétri, sur Czapek helléboriné à doses variables (1/10 à 1/1 000).

On observe :

1° Témoin :

— très nombreuses colonies bactériennes,

— quelques colonies d'***Actinomyces***,

— colonies fongiques très nombreuses correspondant à 42 espèces parmi lesquelles les 18 citées ci-dessous disparaissent sur les milieux helléborinés à 1/100 (et concentrations supérieures) :

Actinomucor (***repens***),
Aspergillus (***fumigatus***, ***niger*** et ***versicolor***),
Fusarium (2 espèces),
Penicillium (***chrysogenum*** et ***citrinum***),
divers (***Acrostalagmus lateritius***, ***Botryotrichum*** sp., ***Hormodendron*** sp., ***Myrothecium*** sp., ***Sepedonium aureum***, ***Sporormia*** sp., ***Stysanus medius*** et ***Volutella rosea***)
mycélium stérile (deux types).

2° $c = 1/1\,000$: *id.*

3° $c = 1/500$: *id.* (les ***Mucor*** sont toutefois moins envahissants que dans les deux séries précédentes).

4° c = 1/100 :

— colonies bactériennes nombreuses,

— aucun ***Actinomyces***,

— colonies fongiques assez nombreuses correspondant aux 24 espèces restantes parmi lesquelles les 8 citées ci-dessous disparaissent sur les milieux helléborinés à 1/50 (et concentrations supérieures)

Fusarium (1 espèce),
Mucor (1 espèce),
Penicillium (***expansum*** et ***stoloniferum***),
divers (***Gliocladium catenulatum***, ***Hormodendron cladosporioides*** et sp., ***Monosporium*** sp.).

5° c = 1/50 :

— colonies bactériennes assez nombreuses (45 colonies),

— aucun ***Actinomyces***,

— colonies fongiques peu nombreuses correspondant aux 16 espèces restantes parmi lesquelles les 11 citées ci-dessous disparaissent sur les milieux helléborinés à 1/20 et 1/10 :

Fusarium (1 espèce),
Penicillium (8 espèces : ***charlesii***, ***freqentans***, ***meleagrinum***, ***nalgiovensis***, ***notatum***, ***palitans***, ***puberulum*** et sp.),
Phoma sp.,
Stemphylium sp.

6° c = 1/20 :

— ni bactéries ni ***Actinomyces***,

— rares colonies fongiques (17 au total) correspondant à 5 espèces différentes de champignons :

Aspergillus quercina (1 colonie),
Fusarium sp. (1 colonie),
Penicillium (14 colonies dont 13 ***cyclopium*** et 1 ***nigricans***),
Pestalozzia sp. (1 colonie).

7° c = 1/10 :

— ni bactéries ni ***Actinomyces***,

— très rares colonies fongiques (2 seulement, appartenant à ***Penicillium cyclopium*** et apparaissant seulement après 4 jours d'incubation).

En résumé, pour les concentrations allant de 1/500 à 1/10, on remarque :

— affaiblissement progressif, puis disparition totale des bactéries, ***Actinomyces*** et ***Mucor*** au fur et à mesure de l'augmentation de la concentration,

— exaltation progressive de l'évolution des espèces fongiques appartenant aux genres ***Aspergillus***, ***Fusarium*** et ***Penicillium*** (sur 14 espèces de ***Penicillium*** isolées au total, 10 l'ont été sur les milieux de culture contenant de 1/10 à 1/50 d'Hellébore actif),

— l'inhibition totale des bactéries et des ***Actinomyces*** survient pour des concentrations en Hellébore qui ne sont pas incompatibles avec la vie de certaines espèces fongiques.

On retiendra particulièrement le cas de ***Penicillium cyclopium***, qui est le seul organisme fongique à pouvoir évoluer sur un milieu nutritif suffisamment enrichi en Hellébore pour se refuser au développement de tout autre organisme fongique, ainsi que des bactéries et des ***Actinomyces***.

Essai n° 14 (voir p. 122 et 126)

Cet essai, réalisé selon la même technique que l'essai précédent n° 13, donne lieu aux constatations suivantes :

1° Témoin :

— très nombreuses colonies bactériennes,

— nombreuses colonies d'***Actinomyces*** (1, 8, 8, 9 et 10 respectivement),

— nombreuses colonies fongiques (5, 5, 7, 15 et 100 respectivement) appartenant à 11 espèces distinctes (genres ***Actinomucor***, ***Aspergillus***, ***Chaetomium***, ***Fusarium***, ***Gliocladium***, ***Myrothecium***, ***Penicillium*** et ***Phoma***).

2° $c = 1/1\,000$:

— très nombreuses colonies bactériennes,

— nombreuses colonies d'***Actinomyces*** (4 et 7 respectivement),

— nombreuses colonies fongiques (4 et 7 respectivement) appartenant à 11 espèces distinctes (mêmes genres que chez le témoin).

3° $c = 1/500$:

— nombreuses colonies bactériennes,

— colonies d'***Actinomyces*** assez nombreuses (1, 1 et 7 respectivement),

— nombreuses colonies fongiques (3, 6, 11 et 100 respectivement) appartenant à 10 espèces distinctes (mêmes genres que chez le témoin).

4° $c = 1/100$:

— colonies bactériennes assez nombreuses,

— colonies d'***Actinomyces*** nulles ou à peine évoluées,

— nombreuses colonies fongiques (0, 5, 11 et 100 respectivement) appartenant à 4 espèces distinctes :

Chaetomium elatum,

Gliocladium roseum,
Penicillium lilacinum et ***nigricans.***

5° $c = 1/50$:
— colonies bactériennes assez nombreuses,
— colonies d'***Actinomyces*** nulles ou à peine évoluées,
— nombreuses colonies fongiques (1, 5, 11 et 100 respectivement) appartenant à 5 espèces distinctes :

Chaetomium elatum,
Fusarium oxysporum,
Penicillium nigricans et sp.,
Tilachlidium racemosum.

6° $c = 1/20$:
ni bactéries, ni ***Actinomyces***, ni champignons.

En résumé, pour les concentrations allant de 1/500 à 1/20, on remarque :

— élimination totale (ou à peu près totale) des ***Actinomyces*** et des ***Mucor*** pour les concentrations inférieures à 1/500,

— persistance des bactéries jusque $c = 1/50$, disparition totale à $c = 1/20$

— persistance d'un petit nombre d'espèces de champignons jusque $c = 1/100$ (***Gliocladium roseum, Penicillium lilacinum***) ou même jusque $c = 1/50$ (***Chaetomium elatum, Fusarium oxysporum, Penicillium nigricans***).

Chaetomium elatum fructifie plus rapidement sur milieu helléboriné que sur le milieu-témoin.

— le seuil d'extinction définitive des champignons ($c = 1/20$) se situe au même niveau que celui des bactéries ($c = 1/20$), mais à un niveau sensiblement différent de celui des ***Actinomyces*** ($c = 1/100$).

c) **Inflorescences**

ESSAI N° 7 (voir p. 123 et 126)

Un extrait aqueux de poudre de sommités fleuries d'Hellébore est ajouté, sans stérilisation préalable, à un Czapek gélosé en boîtes de Pétri, de façon à réaliser toute une gamme de concentrations allant de 1/20 à 1/100000. Les germes apportés par l'extrait utilisé se développent de la façon suivante :

1° $c = 1/100\,000$ à $1/50\,000$:
développement bactérien peu intense, nombreuses colonies fongiques (à la fois ***Mucor*** et ***Penicillium***).

2° $c = 1/10\,000$:
pullulation bactérienne assez intense, colonies fongiques nombreuses et assez bien développées (***Penicillium*** surtout, absence totale de ***Mucor***).

3° $c = 1/1\,000$ à $1/500$:
pullulation bactérienne intense, colonies fongiques nombreuses mais médiocrement développées (***Penicillium*** surtout, absence totale de ***Mucor***).

4° $c = 1/100$:
développement bactérien nul, rares colonies de levures (***Torula***), développement abondant (91 et 104 colonies respectivement) de ***Penicillium*** (***chrysogenum*** et ***notatum***), absence totale de ***Mucor***.

5° $c = 1/50$:
développement bactérien nul, quelques colonies de levures (***Torula***) et de ***Penicillium***.

6° $c = 1/20$:
développement bactérien nul, développement fongique très restreint (***Penicillium*** surtout).

En résumé, pour les concentrations allant de 1/10 000 à 1/20, on remarque :

— élimination totale des ***Mucor*** dès la concentration $c = 1/10\,000$ et pour toutes les concentrations plus élevées,

— élimination totale des bactéries à partir de $c = 1/100$ et pour toutes les concentrations plus élevées,

— développement normal des ***Penicillium*** (***chrysogenum*** et ***notatum***) pour les dilutions faibles et jusque $c = 1/100$, extinction progressive et rapide de ceux-ci pour les concentrations $c = 1/50$ et $c = 1/20$,

— pour la concentration $c = 1/100$, les bactéries et les ***Mucor*** sont totalement éliminés, seuls persistent les ***Penicillium*** qui peuvent ainsi être facilement isolés et étudiés.

Conclusions

L'effet sélectif dû à l'addition d'Hellébore au milieu de culture d'un complexe fongo-bactérien (par exemple : microflore de la rhizosphère de *Centaurea cyanus* et *Sinapis arvensis*) a été remarqué dans tous les cas, mais ses modalités sont variables selon la nature de l'organe utilisé et la concentration des solutions employées ; les étapes successives de l'épuration des complexes mis à l'étude peuvent être précisées comme suit :

Nature de l'organe utilisé	Concentration minima correspondant à l'élimination (totale ou presque totale) des			
	Bactéries	***Actinomyces***	***Mucor***	***Aspergillus Fusarium Penicillium***
Racines	1/50	1/100	1/500	1/50
Feuilles	1/20	1/100	1/100 à 1/50	1/20 à 1/10
Inflorescences.....	1/100	?	1/10 000	1/50

L'activité biostatique des inflorescences est nettement plus grande que celle des racines, et celle-ci sensiblement plus grande que celle des feuilles.

Les ***Actinomyces*** sont nettement plus sensibles à l' « effet Hellébore » que les bactéries ; une concentration de 1/100 en Hellébore les élimine en tous les cas, tandis que l'élimination des bactéries est assurée seulement pour les concentrations respectives de 1/100, 1/50 ou 1/20 selon qu'il s'agit d'inflorescences, de racines ou de feuilles.

Parmi les champignons, les ***Mucor*** redoutent particulièrement l'Hellébore et sont pratiquement éliminés du complexe pour les concentrations respectives de 1/10 000 (inflorescences), 1/500 (racines) et 1/100 (feuilles). D'autres champignons, plus particulièrement les ***Aspergillus***, ***Fusarium*** et ***Penicillium***, tolèrent beaucoup mieux l'Hellébore et peuvent se développer à peu près normalement sur des milieux nutritifs contenant jusque 1/100 d'extrait aqueux de racines ou inflorescences et 1/50 d'extrait aqueux de feuilles. La possibilité, pour ces derniers champignons, d'évoluer à peu près normalement sur des milieux helléborinés hostiles au développement des ***Mucor***, bactéries et ***Actinomyces***, rend leur isolement et leur étude beaucoup plus aisés au sein de la microflore souterraine.

Parmi les espèces fongiques supportant sans gêne apparente des teneurs élevées en Hellébore (la teneur maxima tolérée par le champignon est indiquée entre parenthèses dans chaque cas, avec l'un ou l'autre des symboles : *f* = feuilles, *r* = racines), nous retiendrons surtout les suivantes :

Aspergillus quercina (*c* = 1/20 *f*)
Chaetomium elatum (*c* = 1/50 *f*)
Fusarium oxysporum (*c* = 1/50 *f*)
Fusarium sp. (*c* = 1/20 *f*)
Penicillium (nombreuses espèces dont ***charlesii***, ***chrysogenum***, ***frequentans***, ***asperum***, ***meleagrinum***, ***nalgio-***

vensis*, *notatum*, *palitans et ***puberulum***) (c = 1/50 f ou r)

Penicillium nigricans (c = 1/20 f)
Penicillium cyclopium (c = 1/10 f)
Pestalozzia sp. (c = 1/20 f)
Phoma sp. (c = 1/50 f)
Stemphylium sp. (c = 1/50 f)
Tilachlidium racemosum (c = 1/50 f)

2° Expérimentation sur organismes fongiques isolés

a) Racines

Aucune expérimentation.

b) Feuilles

ESSAI N° 12 (voir p. 121)

Des flacons Ehrlenmeyer reçoivent, les uns du Czapek liquide, les autres ce même milieu enrichi en extrait aqueux de feuilles d'Hellébore aux concentrations respectives 1/200, 1/100 et 1/20; dans ces flacons sont ensemencés comparativement divers champignons (***Aspergillus versicolor*, *Fusarium lateritium*, *Fusarium oxysporum*, *Penicillium chrysogenum***).

Le mycélium formé est pesé (après filtration sous vide et dessiccation à l'étuve) au bout de 10 jours de culture ; on note :

	Poids du mycélium formé (en mmg)			
	Témoin	en présence d'Hellébore à 1/200	1/100	1/20
Aspergillus versicolor	127, 128, 136 — *130*	160, 162,5, 167 — *163*	169,5, 173,5, 187 — *180*	0, 0, 0 — *0*
Fusarium lateritium	41,5, 50, 54 — *48*	51, 51, 57 — *53*	71, 76, 109 — *85*	93, 123,5, 125 — *114*
Fusarium oxysporum	80, 83,5, 111 — *91*	125,5, 131,5, 131,5 — *130*	96, 110, 113,5 — *106*	0, 0, 0 — *0*
Penicillium chrysogenum	*131,5*	139, 142,5, 143 — *141*	157, 164, 172,5 — *164*	0, 0, 0 — *0*

Pour chacun des quatre champignons mis à l'étude, le poids sec du mycélium formé augmente au fur et à mesure que s'élève la teneur du milieu de culture en Hellébore actif; cet accroissement, plus ou moins variable selon l'espèce fongique considérée, oscille entre

7,2 p. 100 et 42, 8 p. 100 pour une concentration en Hellébore égale à 1/200
16,4 p. 100 et 77,1 p. 100 pour une concentration en Hellébore égale à 1/100

0 et 137,5 p. 100 pour une concentration en Hellébore égale à 1/20

Le plus faible accroissement constaté est 7,2 p. 100 (chez ***Penicillium chrysogenum*** en présence d'Hellébore à 1/200) ; le plus fort accroissement constaté est 137,5 p. 100 (chez ***Fusarium lateritium*** en présence d'Hellébore à 1/20).

Parmi les 4 espèces fongiques éprouvées, celle qui réagit le plus vigoureusement à l'apport d'Hellébore dans le milieu de culture est ***Fusarium lateritium***, dont l'augmentation de rendement en mycélium sec est :

10,4 p. 100 pour une concentration en Hellébore égale à 1/200
77,1 p. 100 pour une concentration en Hellébore égale à 1/100
137,5 p. 100 pour une concentration en Hellébore égale à 1/20

Il existe toutefois un seuil au-delà duquel l'augmentation pondérale de mycélium formé cesse d'être observable ; ce seuil, qui correspond à l'activité optima du champignon pour une teneur donnée en Hellébore, se situe entre 1/200 et 1/100 pour ***Fusarium oxysporum***, entre 1/100 et 1/20 pour ***Aspergillus versicolor*** et ***Penicillium chrysogenum***.

Chez ***Fusarium lateritium*** dont la production maxima de mycélium sec se remarque pour la teneur maxima en Hellébore expérimentée, ce seuil n'a pu être déterminé avec précision et correspond peut-être à une teneur en Hellébore supérieure à 1/20.

c) **Inflorescences**

ESSAI N° 15.

Des flacons Ehrlenmeyer reçoivent, les uns du Czapek liquide, les autres ce même milieu enrichi en extrait aqueux de fleurs d'Hellébore aux concentrations respectives 1/1 000, 1/500 et 1/100 ; dans ces flacons sont ensemencés comparativement ***Fusarium lateritium*** et ***Fusarium oxysporum***.

Le mycélium formé est pesé (après filtration sous vide et dessiccation à l'étuve) au bout de 12 jours de culture ; on note :

	Poids du mycélium formé (en mmg)			
	Témoin	en présence d'Hellébore à 1/1 000	1/500	1/100
Fusarium lateritium	10 ; 16,5 } *13*	18 ; 21 } *20*	75,5 ; 76,5 } *76*	92 ; 110,5 } *101*
Fusarium oxysporum	45 ; 50 } *47*	46,5 ; 99 } *73*	89 ; 135 } *112*	181,5 ; 225 } *203*

Pour l'une et l'autre des deux espèces fongiques mises à l'épreuve, le rendement en mycélium sec s'accroît régulièrement au fur et à mesure que s'élève la teneur en Hellébore actif ; l'accroissement maximum constaté atteint 332 p. 100 chez ***Fusarium oxysporum*** et 677 p. 100 chez ***Fusarium lateritium*** (dans l'un et l'autre cas en présence d'Hellébore à 1/100).

Aucun seuil n'a pu être mis en évidence.

ESSAI N° 16 (voir p. 127).

Des boîtes de Pétri reçoivent, les unes du Czapek gélosé, les autres ce même milieu enrichi en extrait aqueux de sommités fleuries d'Hellébore aux concentrations respectives 1/100 000, 1/50 000, 1/10 000, 1/000, 1/500 et 1/100 ; ***Fusarium oxysporum*** est ensemencé sur ces divers milieux de culture. On note, 12 jours après l'ensemencement, le diamètre des colonies évoluées du champignon :

1° Sur le témoin (sans Hellébore) :

53, 54, 57, 57, 58, 59, 62 et 63 mm, en moyenne **58** mm.

2° En présence de 1/100 000 d'Hellébore :

55, 57, 60 et 60 mm, en moyenne **58** mm.

3° En présence de 1/50 000 d'Hellébore :

56, 56, 57 et 60 mm, en moyenne **57** mm.

4° En présence de 1/10 000 d'Hellébore :

62, 62, 64 et 65 mm, en moyenne **63** mm.

5° En présence de 1/1000 d'Hellébore :

90 et 90 mm, en moyenne **90** mm.

6° En présence de 1/500 d'Hellébore :

90 et 90 mm, en moyenne **90** mm.

7° En présence de 1/100 d'Hellébore :

65, 68, 80 et 80 mm, en moyenne **73** mm.

Ces résultats, moins significatifs numériquement que ceux tirés

de l'évaluation du poids sec du mycélium formé [1], permettent cependant de reconnaître :

— une tendance à l'accroissement du diamètre des colonies du champignon pour de certaines teneurs en Hellébore ; cette tendance s'esquisse dès la concentration 1/10 000 et s'affirme pour les concentrations 1/1 000 et 1/500, pour chacune desquelles l'augmentation du diamètre des colonies atteint 55 p. 100 par rapport au témoin,

— un optimum d'évolution du champignon pour chacune des concentrations 1/1 000 et 1/500,

— un seuil se situant entre les concentrations 1/500 et 1/100.

Conclusions

Certaines espèces de champignons appartenant aux genres ***Aspergillus***, ***Fusarium*** et ***Penicillium*** supportent, en culture pure, des doses relativement élevées d'Hellébore, reconnues néfastes à la plupart des autres microorganismes fongiques étudiés ainsi que, d'une façon générale, aux bactéries et aux ***Actinomyces*** ; par exemple ***Fusarium lateritium*** croît vigoureusement en présence de 1/20 d'extrait aqueux de poudre de feuilles ou de 1/100 d'extrait aqueux de poudre de sommités fleuries d'Hellébore, tandis qu'***Aspergillus versicolor*** et ***Penicillium chrysogenum*** supportent sans gêne l'addition de 1/100 d'extrait aqueux de poudre de feuilles d'Hellébore au milieu de culture.

A l'égard de ces mêmes espèces fongiques, l'extrait d'Hellébore exerce parfois une nette action stimulante sur le développement du champignon ; par exemple, il a été possible de constater :

— Un accroissement de 55 p. 100 du diamètre des colonies de ***Fusarium oxysporum*** sur milieu gélosé par incorporation à celui-ci de 1/500 ou de 1/1 000 d'extrait aqueux de poudre de sommités fleuries d'Hellébore.

— Un accroissement de 38,4 p. 100 et 24,7 p. 100 respectivement du poids de mycélium sec formé par ***Aspergillus versicolor*** et ***Penicillium chrysogenum*** en présence de 1/100 d'extrait aqueux de poudre de feuilles d'Hellébore.

— Un accroissement de 137,5 p. 100 du poids de mycélium sec formé par ***Fusarium lateritium*** en présence de 1/20 d'extrait aqueux de poudre de feuilles d'Hellébore.

— Un accroissement de 332 p. 100 et 677 p. 100 respectivement du poids du mycélium sec formé par ***Fusarium oxysporum*** et ***Fusarium lateritium*** en présence de 1/100 d'extrait aqueux de poudre de sommités fleuries d'Hellébore.

[1] Il importe de ne pas oublier qu'à une augmentation de 100 p. 100 du diamètre d'une colonie correspond une augmentation de 400 p. 100 de la surface couverte par le mycélium (et approximativement aussi du poids du mycélium formé).

Au-delà d'une certaine teneur du milieu de culture en Hellébore, l'action stimulante de celui-ci s'annihile toutefois rapidement ; alors se manifeste l'effet fongostatique (parfois même fongicide) qui a été décrit dans un chapitre antérieur (voir p. 120).

Fusarium lateritium se développe au mieux lorsque la concentration en Hellébore se tient entre 1/200 et 1/20 s'il s'agit de feuilles, entre 1/1 000 et 1/100 s'il s'agit d'inflorescences.

Fusarium oxysporum se développe au mieux lorsque la concentration en Hellébore se tient entre 1/200 et 1/100 s'il s'agit de feuilles, entre 1/1 000 et 1/100 s'il s'agit d'inflorescences.

Aspergillus versicolor et ***Penicillium chrysogenum*** trouvent leurs conditions optima de développement lorsque la concentration du milieu de culture en Hellébore-feuilles se tient entre 1/200 et 1/100 ; l'un et l'autre sont (comme ***Fusarium oxysporum*** d'ailleurs) totalement inhibés dans leur croissance mycélienne lorsque cette concentration atteint 1/20.

Dans le cas des complexes fongo-bactériens soumis à l'action de l'Hellébore, l'exubérance de développement de certaines espèces des genres ***Aspergillus***, ***Fusarium*** et ***Penicillium*** est due, non seulement à l'élimination des bactéries, ***Actinomyces***, ***Mucor*** et autres microorganismes exerçant une concurrence vitale très active au sein du complexe, mais aussi à la stimulation propre dont bénéficient ces champignons en présence de certaines concentrations propices d'Hellébore.

III. — ÉTUDE SUR *LONICERA XYLOSTEUM* L.

L'étude sur *Lonicera xylosteum* n'a pas été menée aussi loin que l'étude sur *Helleborus foetidus* ; elle a seulement été conduite, par comparaison avec celle-ci, dans un cas particulier, représenté par l'action du jus de fruit sur la microflore de la rhizosphère de *Centaurea cyanus*.

L'essai a été réalisé dans les mêmes conditions expérimentales que l'essai n° 13 (voir p. 121, 126 et 131).

Des baies de *Lonicera xylosteum*, récoltées en Champagne en juillet 1953 et conservées au sec au laboratoire pendant l'hiver, sont traitées en février 1954 de la façon suivante : écrasées au mortier et débarrassées de leurs graines, elles sont mises à macérer pendant 4 heures dans dix fois leur poids d'eau, puis filtrées. Le filtrat est ajouté, en quantités variables, à du Czapek gélosé en boîtes de Pétri, de façon à réaliser toute une gamme de concentrations allant de 1/1 000 à 1/20.

Des fragments de radicules de *Centaurea cyanus* (prélevées dans une friche des environs de Grignon), ainsi que des particules de terre

recueillies sur place au contact de ces radicules, sont ensemencés sur ces milieux de culture.

On observe :

1° Témoin :

— très nombreuses colonies bactériennes,

— nombreuses colonies d'***Actinomyces*** (1, 8, 8, 9 et 10 respectivement),

— nombreuses colonies fongiques (5, 5, 7, 15 et 100 respectivement) appartenant à 12 espèces distinctes des genres ***Actinomucor***, ***Aspergillus***, ***Chaetomium***, ***Fusarium***, ***Gliocladium***, ***Myrothecium***, ***Penicillium*** et ***Phoma***.

2° $c = 1/1\,000$:

— nombreuses colonies bactériennes,

— nombreuses colonies d'***Actinomyces*** (3, 4, 7 et 15 respectivement),

— nombreuses colonies fongiques (7, 18, 30 et 100 respectivement) appartenant à 16 espèces distinctes (mêmes genres que chez le témoin).

3° $c = 1/500$:

— assez nombreuses colonies bactériennes,

— ***Actinomyces*** nuls,

— nombreuses colonies fongiques (8, 11, 23 et 100 respectivement) appartenant à 10 espèces distinctes (mêmes genres que chez le témoin).

4° $c = 1/100$:

— ni bactéries ni ***Actinomyces***,

— nombreuses colonies fongiques (12, 17, 24 et 100 respectivement) appartenant à 11 espèces distinctes.

5° $c = 1/50$:

— ni bactéries ni ***Actinomyces***,

— nombreuses colonies fongiques (5, 18, 19 et 100 respectivement) appartenant à 9 espèces distinctes.

6° $c = 1/20$:

— ni bactéries ni ***Actinomyces***,

— nombreuses colonies fongiques (1, 19, 21 et 100 respectivement) appartenant à 7 espèces distinctes (***Aspergillus wentii***, ***Chaetomium elatum***, ***Fusarium semitectum***, ***Myrothecium*** sp., ***Penicillium nigricans*** et sp., ***Tilachlidium racemosum***).

Conclusions

Lonicera xylosteum exerce une nette action sélective sur la microflore de la rhizosphère de *Centaurea cyanus* ; cet effet se distingue de celui dû à *Helleborus foetidus* par les particularités suivantes :

— l'élimination des bactéries survient pour $c = 1/100$ avec les baies de *Lonicera* (pour les concentrations de 1/100, 1/50 et 1/20 respectivement avec les inflorescences, racines et feuilles d'*Helleborus*).

— l'élimination des Actinomycètes survient pour $c = 1/500$ avec les baies de *Lonicera* (pour $c = 1/100$ avec les racines ou les feuilles d'*Helleborus*).

— Les ***Mucor*** résistent mieux à *Lonicera* qu'à *Helleborus* ; ***Actinomucor repens***, encore présent à $c = 1/500$, ne disparaît qu'à partir de $c = 1/100$ avec *Lonicera*, tandis que l'élimination du champignon survient pour les concentrations de 1/10 000, 1/500 et 1/100 respectivement avec les inflorescences, racines et feuilles d'*Helleborus*.

— en général, les champignons résistent mieux à *Lonicera* qu'à *Helleborus* ; en particulier, les genres ***Aspergillus***, ***Fusarium*** et ***Penicillium*** subsistent encore sur *Lonicera* (baies) à 1/20, tandis que leur extinction totale (ou à peu près totale) survient pour les concentrations de 1/50 avec les inflorescences ou les racines d'*Helleborus* et de 1/20 avec les feuilles de cette même plante.

Dans l'ensemble, une disparition plus précoce des bactéries et des ***Actinomyces*** et une persistance plus prolongée des champignons caractérisent l'action sélective, à l'égard des complexes fongo-bactériens, des baies de *Lonicera xylosteum* comparées aux organes aériens et souterrains d'*Helleborus foetidus*.

IV. — ÉTUDE SUR *CENTAUREA CYANUS* L. ET *SINAPIS ARVENSIS* L.

L'étude de ces deux plantes phytotoxiques n'a été menée que sur un point particulier (essai nº 17) (1) : développement de ***Fusarium oxysporum*** sur milieu gélosé en boîtes de Pétri, en présence d'extrait aqueux de poudre de racines de ces deux espèces à diverses concentrations (1/15, 1/20, 1/40, 1/80, 1/160) ; le diamètre des colonies du champignon est mesuré 10 jours après l'ensemencement (sur deux séries de boîtes) :

Extrait aqueux de poudre de racines de	Concentration					
	Témoin	1/15	1/20	1/40	1/80	1/160
Centaurea cyanus	35 × 30 35 × 35	68 × 65 70 × 65	66 × 65 70 × 65	55 × 45	50 × 45 41 × 30	33 × 32 40 × 35
Sinapis arvensis	40 × 30 55 × 35	80 × 80 80 × 80	80 × 80 75 × 75	70 × 70 70 × 70	60 × 60 60 × 60	65 × 55 56 × 56

(1) Récolte des racines : 16 mai 1953. Préparation et utilisation de l'extrait aqueux : 26 mai 1953.

Conclusions

L'extrait aqueux de poudre de racines de *Centaurea cyanus* et de *Sinapis arvensis* exerce une action stimulante sur la croissance de ***Fusarium oxysporum***, pour les diverses concentrations allant de 1/15 à 1/160 ; cet effet, apprécié par l'accroissement du diamètre des colonies évoluées du champignon, apparaît :

— plus marqué avec *Sinapis arvensis* qu'avec *Centaurea cyanus* (pour la concentration $c = 1/15$, l'accroissement du diamètre des colonies est de 75 p. 100 avec *Centaurea cyanus* et 100 p. 100 avec *Sinapis arvensis*),

— d'autant plus net que la concentration est plus élevée.

V. — CONCLUSIONS

Des recherches semblables aux nôtres sont actuellement conduites, ici et là, par divers chercheurs ; elles aboutissent à des conclusions comparables à celles auxquelles nous avons été conduits par nos propres recherches.

Le Pr G. Winter a exposé, au Congrès International de Botanique qui s'est tenu à Paris en juin 1954, comment ses travaux récents permettent de conclure à l'existence dans les terres naturelles de substances inhibitrices à l'égard d'un grand nombre de champignons du sol ; ceci représente un facteur dépressif possible de la végétation. L'auteur a également cherché à modifier, par voie directe, l'équilibre microbien des sols naturels par apport de ces substances inhibitrices ; il a pu montrer que l'apport de petites quantités de feuilles de plantes antibiotiques (par exemple *Allium porrum*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Primula* sp., *Tulipa* sp.) provoque, en peu de jours, l'élimination des bactéries sensibles aux substances inhibitrices et l'enrichissement en bactéries résistantes à ces mêmes substances, plus particulièrement en celles qui sont stimulées par ces substances. Un effet semblable a été reconnu à quelques autres végétaux supérieurs (*Aucuba japonica, Clematis recta, Clematis vitalba, Tropaeolum majus*).

Un tel effet fongostatique et bactériostatique, aussi étroitement et décisivement orienté, présente un certain intérêt, non seulement pour ce qui concerne la purification des cultures bactériennes ou fongiques et l'étude sélective des microorganismes qui peuplent l'atmosphère et le sol ou qui interviennent dans certains complexes phytopathogènes, mais aussi pour tout ce qui touche à l'appréciation de la fertilité naturelle des terres et aux moyens éventuels d'y porter remède dans certains cas de déficience difficiles à interpréter par le seul

recours aux procédés habituels d'analyse physique et chimique des sols.

La grande sensibilité des bactéries, ***Actinomyces*** et ***Mucor*** à l'égard des extraits racinaires de certaines plantes phytotoxiques comme *Helleborus foetidus*, la nette stimulation de ***Fusarium oxysporum*** en présence d'extraits racinaires de certaines plantes adventices comme *Centaurea cyanus* et *Sinapis arvensis*, sont des exemples qui ne sauraient laisser indifférents ceux qui sont convaincus de l'influence exercée par la microflore souterraine sur le développement des végétaux cultivés et sur l'état sanitaire des cultures (celui-ci étant considéré surtout en fonction des altérations susceptibles d'atteindre les organes souterrains de la plante).

Sur le plan pratique, l'utilisation raisonnée de certaines plantes phytotoxiques pourrait peut-être permettre de modifier dans un sens prévu la structure de la microflore d'un sol biologiquement défectueux, de rétablir un équilibre fongo-bactérien momentanément compromis, de gêner ou d'éliminer certains microorganismes à aptitude pathogène plus ou moins nette (bactéries et ***Mucor*** par exemple), d'aider certains microorganismes (***Aspergillus***, ***Fusarium*** et ***Penicillium*** par exemple) dans leur aptitude à s'imposer favorablement dans les complexes phytopathogènes (Piétin des céréales, Rhizoctone de la pomme de terre, fonte des semis, etc.).

Ces considérations nouvelles offrent également l'avantage de nous renseigner mieux encore sur les interactions qui se manifestent, en nature et en culture, soit entre végétaux spontanés cohabitant dans de mêmes stations, soit entre végétaux spontanés et végétaux cultivés associés sur de mêmes emplacements ; la nuisibilité des mauvaises herbes adventices des cultures peut être également interprétée de façon plus précise, si l'on fait entrer en ligne de compte, non seulement la place occupée par elles sur le terrain et l'épuisement du sol résultant de leur présence dans la culture, mais aussi leur action insidieuse éventuellement néfaste sur la structure de la microflore souterraine.

VI. — RÉSUMÉ

Helleborus foetidus, plante phytotoxique, est biostatique à l'égard d'un grand nombre de microorganismes ; cet effet biostatique est, selon les cas, fongostatique, fongicide ou bactériostatique (il n'a pas été recherché si l'effet est éventuellement bactéricide).

— l'extrait aqueux de poudre de racines d'Hellébore au 1/20 est fongostatique (parfois fongicide) à l'égard de diverses espèces des genres

Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Gliocladium*, *Mucor et ***Penicillium*** ; il est aussi bactériostatique.

— l'extrait aqueux de poudre de feuilles d'Hellébore au 1/20 est fongostatique à l'égard de diverses espèces des genres ***Acrostalagmus*, *Aspergillus*, *Botryotrichum*, *Chaetomium*, *Fusarium*, *Gliocladium*, *Hormodendron*, *Mucor*, *Myrothecium*, *Penicillium*, *Phoma*, *Sepedonium*, *Sporormia*, *Stysanus*** et ***Volutella*** (par contre, ***Aspergillus quercina*, *Fusarium lateritium*, *Penicillium cyclopium*** et ***nigricans*** et ***Pestalozzia*** sp. croissent plus ou moins normalement) ; il s'oppose aussi au développement des bactéries et des ***Actinomyces***.

— l'extrait aqueux de poudre de feuilles d'Hellébore au 1/10 s'oppose au développement de tous les champignons étudiés, sauf ***Penicillium cyclopium***.

— l'extrait aqueux de sommités fleuries d'Hellébore entrave plus ou moins totalement le développement des bactéries, des levures (***Torula***) et de nombreux champignons, pour les diverses concentrations allant de 1/20 à 1/100 ; quelques espèces de ***Penicillium*** résistent toutefois à ces concentrations. L'élimination totale des ***Mucor*** est assurée pour les diverses concentrations allant de 1/500 à 1/10 000.

Dans l'ensemble, l'effet biostatique de l'Hellébore s'exerce à l'égard de la plupart des organismes bactériens ou fongiques qui sont les hôtes normaux de l'atmosphère et du sol ; seul, un petit nombre d'espèces fongiques, appartenant presque toutes (pour les conditions de nos expériences) aux genres ***Aspergillus*, *Fusarium*** et ***Penicillium***, ne sont pas ou ne sont que peu gênées dans leur installation et dans leur maintien sur milieu nutritif helléboriné.

L'effet biostatique des inflorescences d'Hellébore dépend de la date de récolte et des conditions d'utilisation ; très net pour des sommités fleuries récoltées en pleine floraison et utilisées immédiatement, il est sérieusement diminué pour une récolte ou une utilisation retardées.

A des concentrations égales ou inférieures à celles qui entraînent l'effet biostatique indiqué ci-dessus, *Helleborus foetidus* peut exercer un effet stimulant sur la croissance de quelques champignons appartenant aux genres ***Aspergillus*, *Fusarium*** et ***Penicillium*** ; cet effet stimulant est apprécié par l'augmentation du poids de mycélium sec formé en milieux de culture helléborinés ou par l'accroissement du diamètre des colonies évoluées sur ces mêmes milieux.

Nous avons observé :

— un accroissement de 55 p. 100 du diamètre des colonies de ***Fusarium oxysporum*** sur milieu gélosé contenant 1/500 ou 1/1 000 d'extrait aqueux de poudre de sommités fleuries d'Hellébore,

— un accroissement de 38,4 p. 100 et 24,7 p. 100 respectivement

du poids de mycélium sec formé par ***Aspergillus versicolor*** et ***Penicillium chrysogenum*** en présence de 1/100 d'extrait aqueux de poudre de feuilles d'Hellébore,

— un accroissement de 137,5 p. 100 du poids de mycélium sec formé par ***Fusarium lateritium*** en présence de 1/20 d'extrait aqueux de poudre de feuilles d'Hellébore,

— un accroissement de 332 p. 100 et 677 p. 100 respectivement du poids de mycélium sec formé par ***Fusarium oxysporum*** et ***Fusarium lateritium*** en présence de 1/100 d'extrait aqueux de poudre de sommités fleuries d'Hellébore,

— ***Fusarium lateritium*** se développe au mieux lorsque la concentration en extrait aqueux d'Hellébore se tient entre 1/200 et 1/20 s'il s'agit de feuilles, entre 1/1000 et 1/100 s'il s'agit d'inflorescences,

— ***Fusarium oxysporum*** se développe au mieux lorsque la concentration en extrait aqueux d'Hellébore se tient entre 1/200 et 1/100 s'il s'agit de feuilles, entre 1/1000 et 1/100 s'il s'agit d'inflorescences,

— ***Aspergillus versicolor*** et ***Penicillium chrysogenum*** se développent au mieux lorsque la concentration en extrait aqueux de feuilles d'Hellébore se tient entre 1/200 et 1/100,

— ***Chaetomium elatum*** fructifie plus rapidement sur milieu contenant 1/100 à 1/50 d'extrait aqueux de feuilles d'Hellébore que sur le même milieu sans Hellébore.

Sous le double effet de l'élimination des microorganismes envahissants ou gênants (bactéries, levures, ***Actinomyces***, champignons tels que les ***Mucor***) et de la stimulation de quelques champignons tels que certains Ascomycètes inférieurs (***Aspergillus***, ***Chaetomium***, ***Penicillium***) et Hypocréales (***Fusarium***), il résulte une épuration sensible des complexes fongo-bactériens soumis à l'action de doses propices d'Hellébore.

Cette action sélective a pour effet :

— de faciliter l'isolement et l'étude des microorganismes helléborino-résistants (***Aspergillus***, ***Fusarium*** et ***Penicillium*** surtout) ; ainsi, sur 14 espèces de ***Penicillium*** isolées au total par nous de la microflore de la rhizosphère de *Centaurea cyanus*, 10 l'ont été sur des milieux de culture contenant de 1/50 à 1/10 d'extrait aqueux de feuilles d'Hellébore,

— de détecter aisément certains Ascomycètes inférieurs (***Ascodesmis***, ***Chaetomium***, ***Sporormia***, ? Eurotiacée) dont le développement eût probablement passé inaperçu (ou peut-être même ne fût pas survenu) sur un milieu de culture non enrichi en Hellébore,

— de rendre plus aisée, plus rapide et plus précise l'analyse quali-

tative et quantitative du stock fongique hébergé par les sols naturels et par les terres de culture.

En outre d'*Helleborus foetidus*, une action sélective sur la microflore souterraine a été également reconnue à *Lonicera xylosteum*, dont la pulpe des baies broyées, diluée dans l'eau et incorporée après filtration au milieu de culture à doses variables, permet l'élimination des bactéries pour la concentration 1/100 et celle des Actinomycètes pour la concentration 1/500 ; par contre, les champignons résistent mieux à *Lonicera* qu'à *Helleborus* (les genres ***Aspergillus***, ***Fusarium*** et ***Penicillium*** subsistant encore en présence d'un extrait aqueux de baies de *Lonicera* à 1/20).

Il a été aussi constaté qu'en présence d'un extrait aqueux de poudre de racines de *Centaurea cyanus* et de *Sinapis arvensis*, aux diverses concentrations allant de 1/15 à 1/160, la croissance de ***Fusarium oxysporum*** est plus rapide que chez le témoin ; l'accroissement du diamètre des colonies du champignon (pour la concentration la plus favorable : $c = 1/15$) est de 75 p. 100 avec *Centaurea cyanus* et 100 p. 100 avec *Sinapis arvensis*.

Reçu pour publication le 20 décembre 1954

Légende

Fusarium semitectum

A16 — Sporormia sp.

Fusarium oxysporum

C11 D11 — Aspergillus echinulatus C11, Eurotiacée? D11

Fusarium sp.

Mucor sp.

Penicillium sp.

Rhizopus sp.

Sepedonium sp.

Actinomucor repens

Trichoderma sp.

Colonies bactériennes

Pestalozzia sp.

Plages bactériennes

Mycelium stérile

Actinomycètes

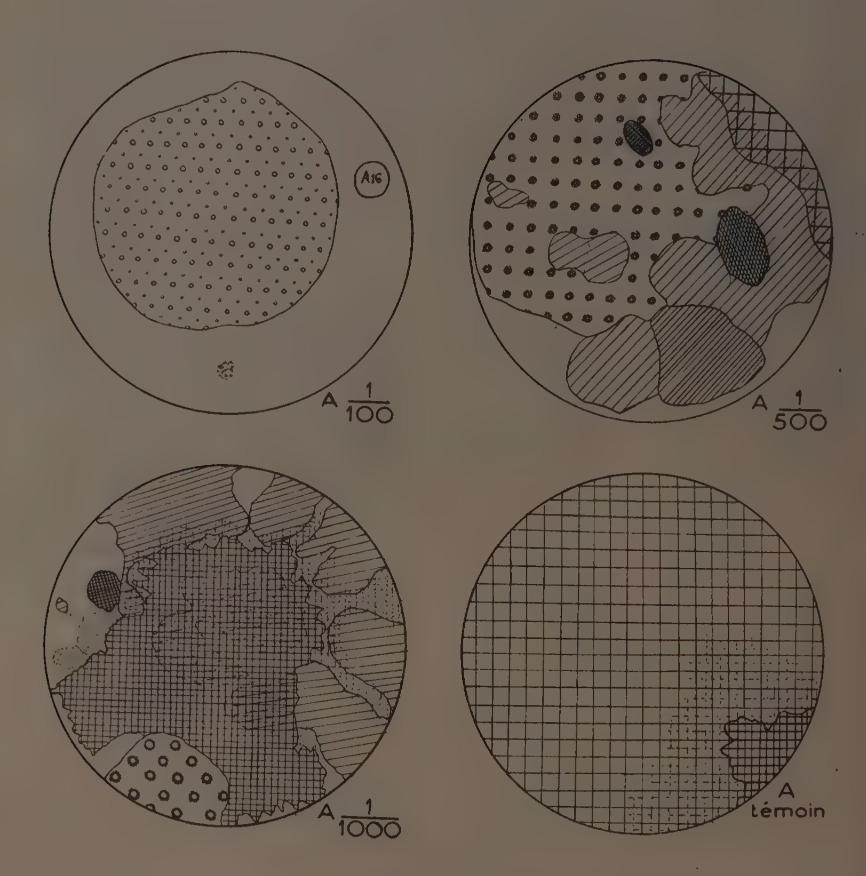


PLANCHE A

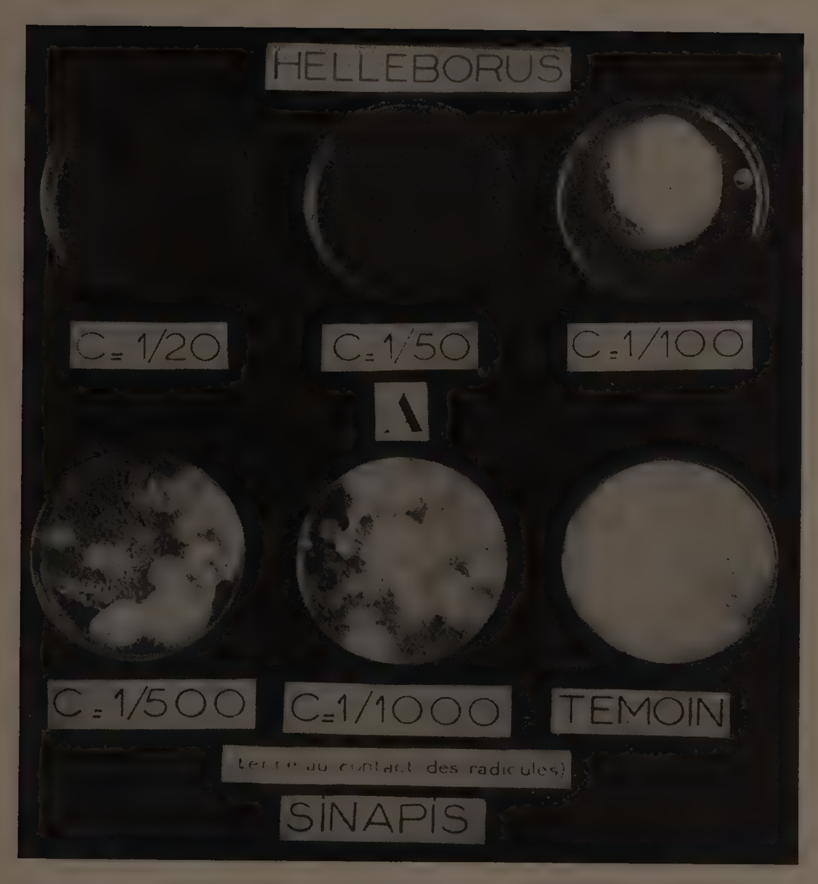


PLANCHE A (essai n° 11). — Effet sélectif de l'Hellébore sur la microflore isolée de la terre prélevée au contact des radicules de *Sinapis arvensis.*

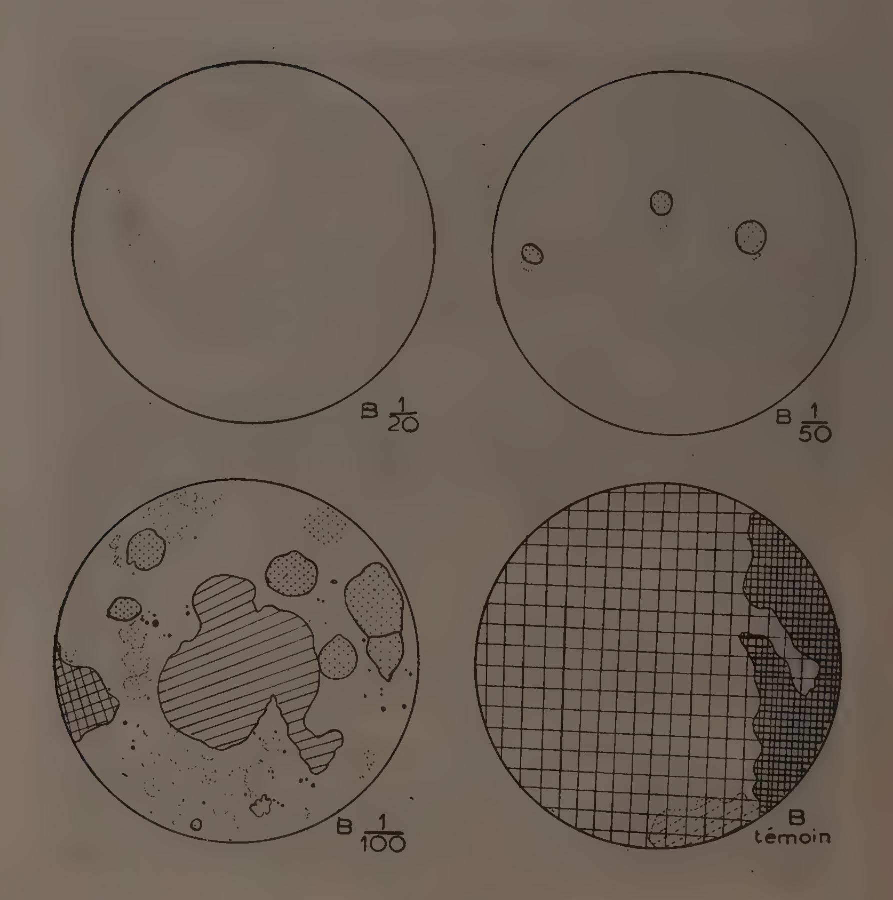


PLANCHE B

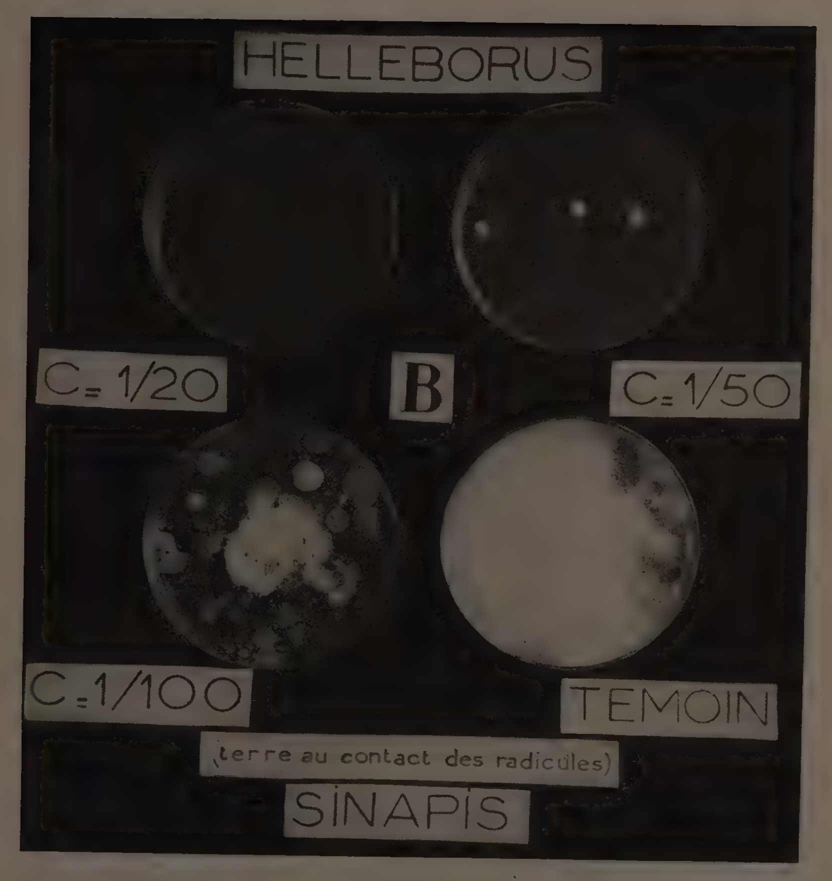


PLANCHE B (essai n° 11). — Effet sélectif de l'Hellébore sur la microflore isolée de la terre prélevée au contact des radicules de *Sinapis arvensis*.

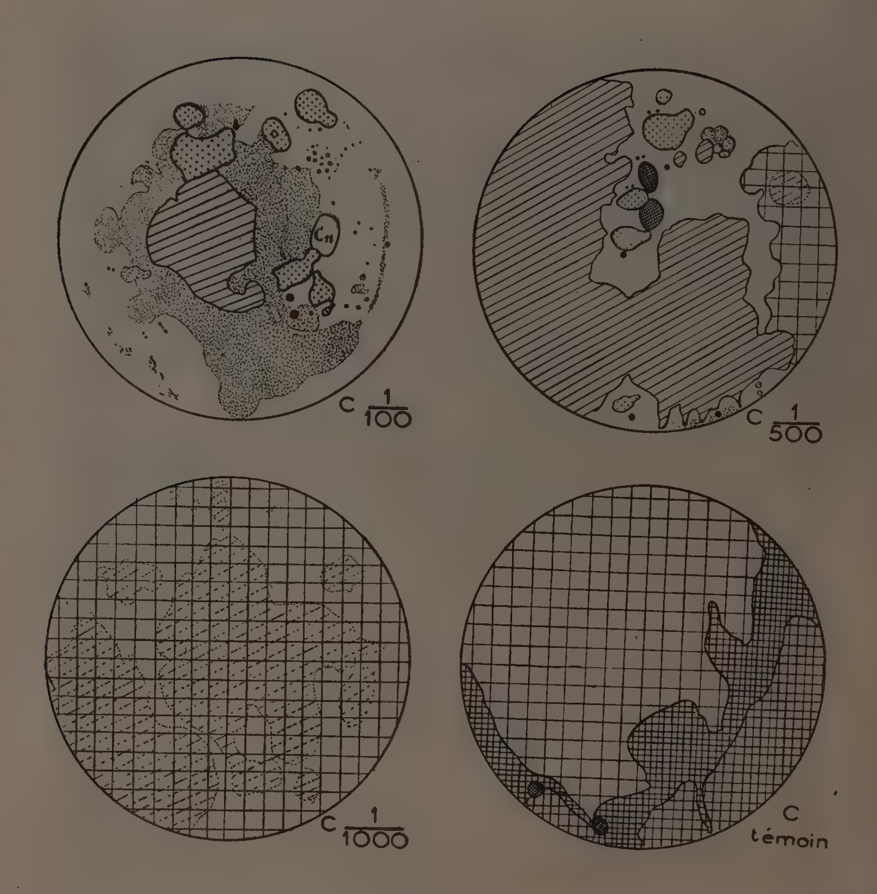


PLANCHE C

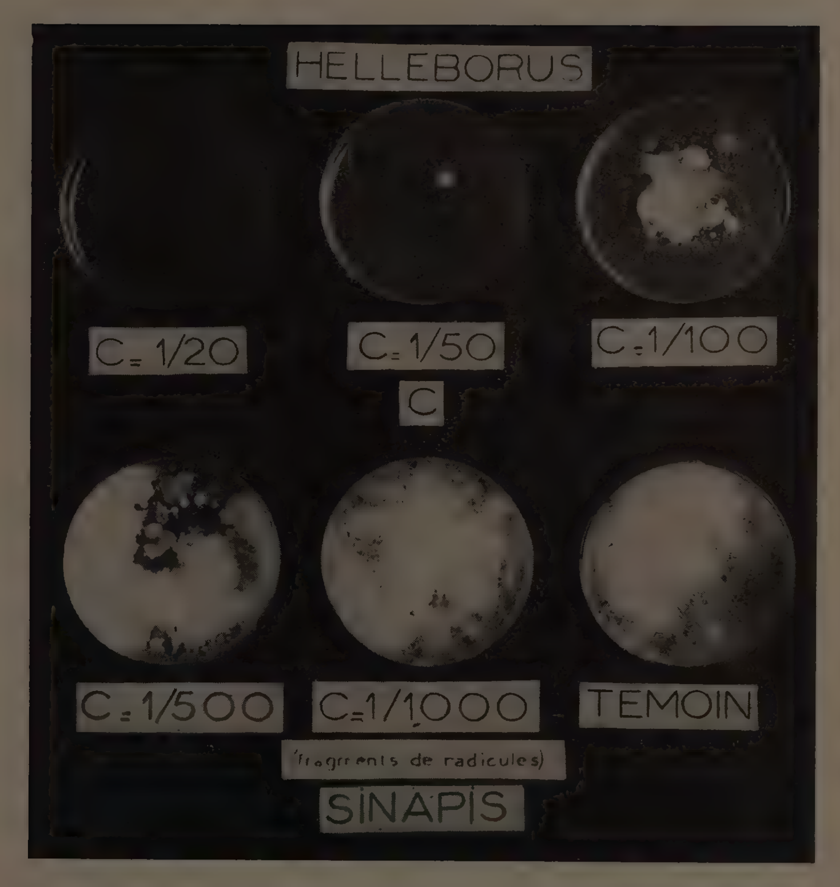


PLANCHE C (essai n° 11). — Effet sélectif de l'Hellébore sur la microflore isolée au contact de fragments de radicules de *Sinapis arvensis*.

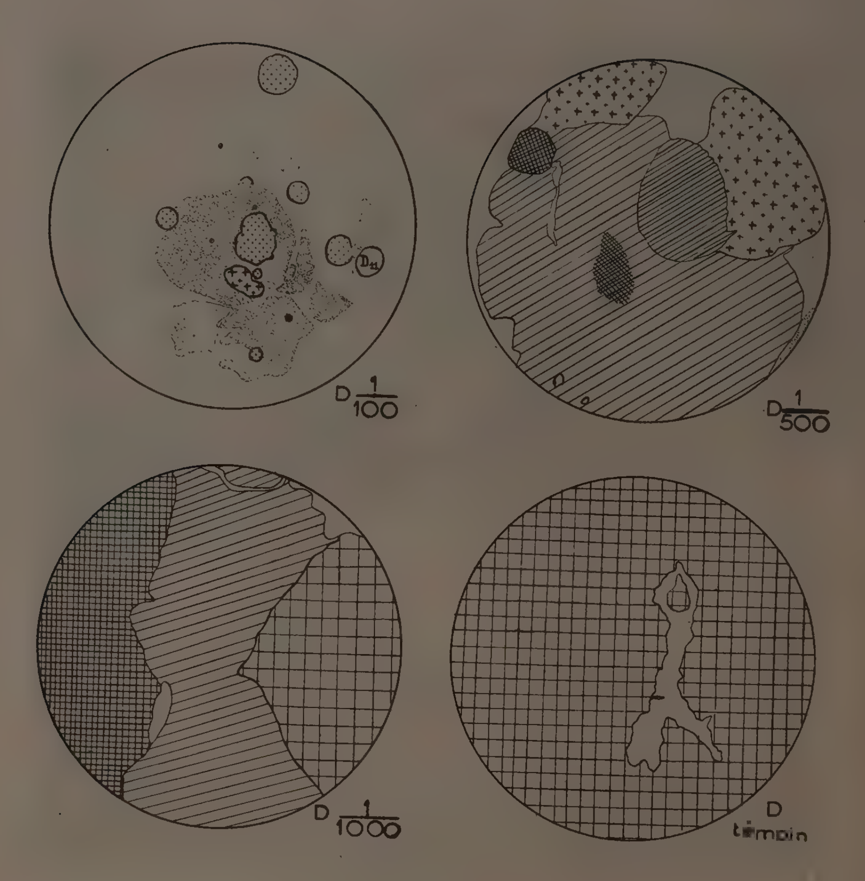


PLANCHE D

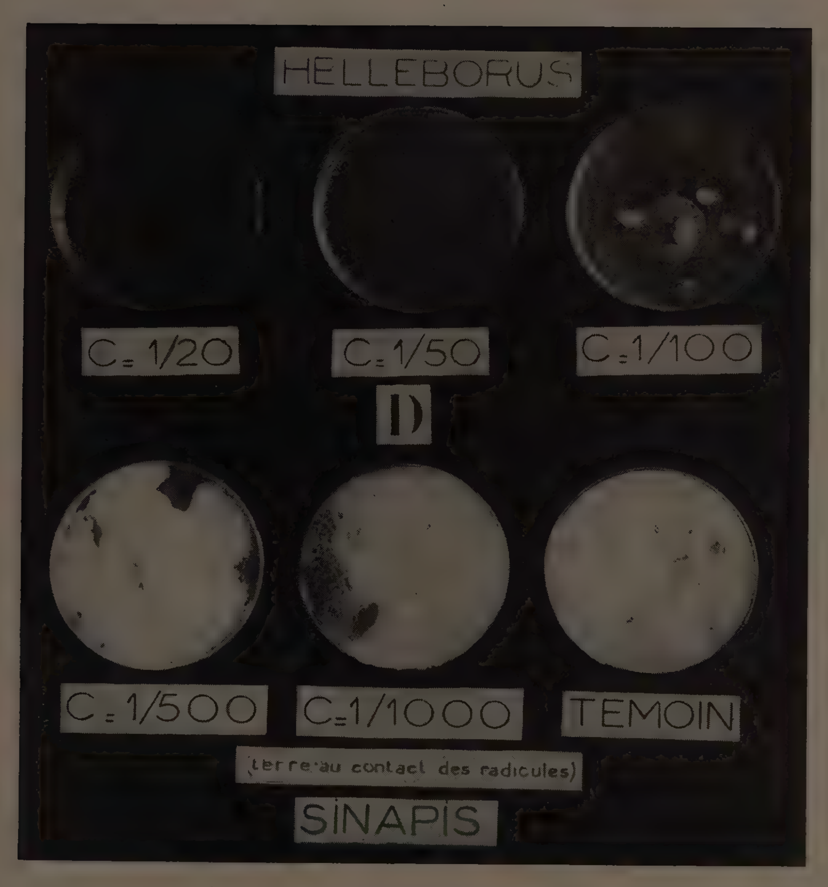


Planche D (essai n° 11). — Effet sélectif de l'Hellébore sur la microflore isolée de la terre prélevée au contact des radicules de *Sinapis arvensis*.

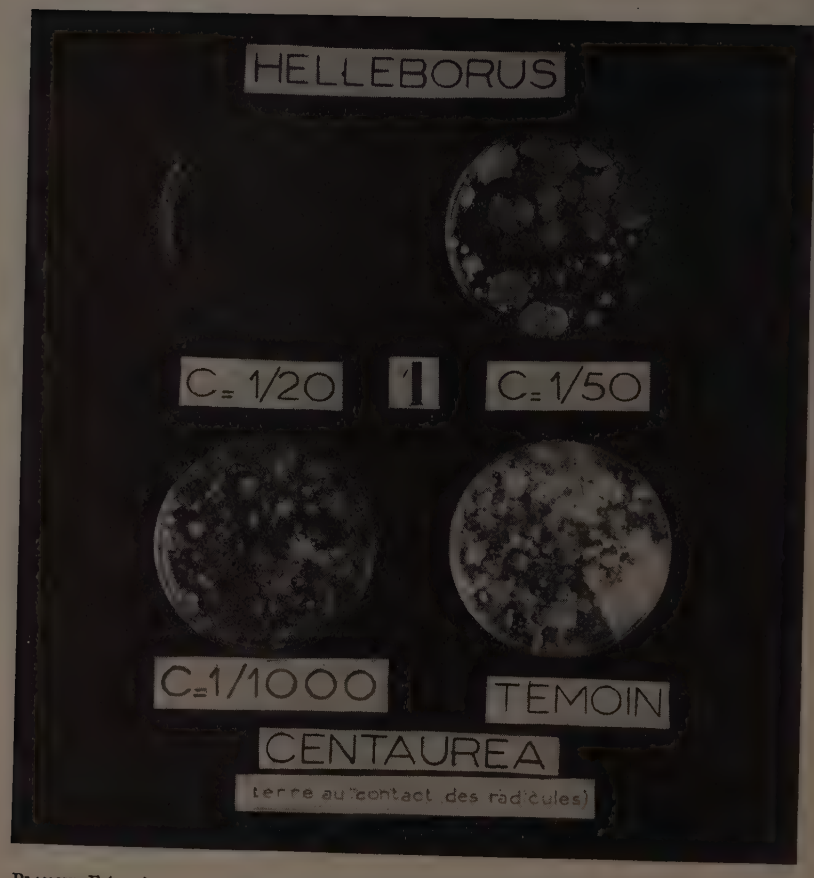


PLANCHE E (essai n° 13). — Effet sélectif de l'Hellébore sur la microflore isolée de la terre prélevée au contact des radicules de *Centaurea cyanus*.

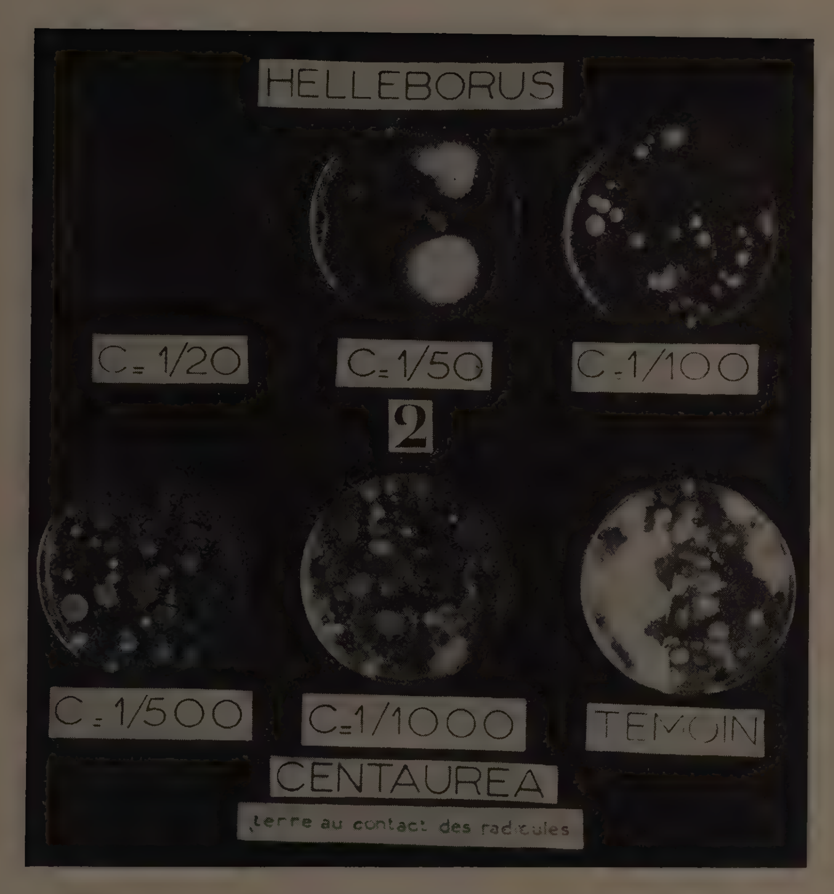


Planche F (essai n° 13). — Effet sélectif de l'Hellébore sur la microflore isolée de la terre prélevée au contact des radicules de *Centaurea cyanus*.

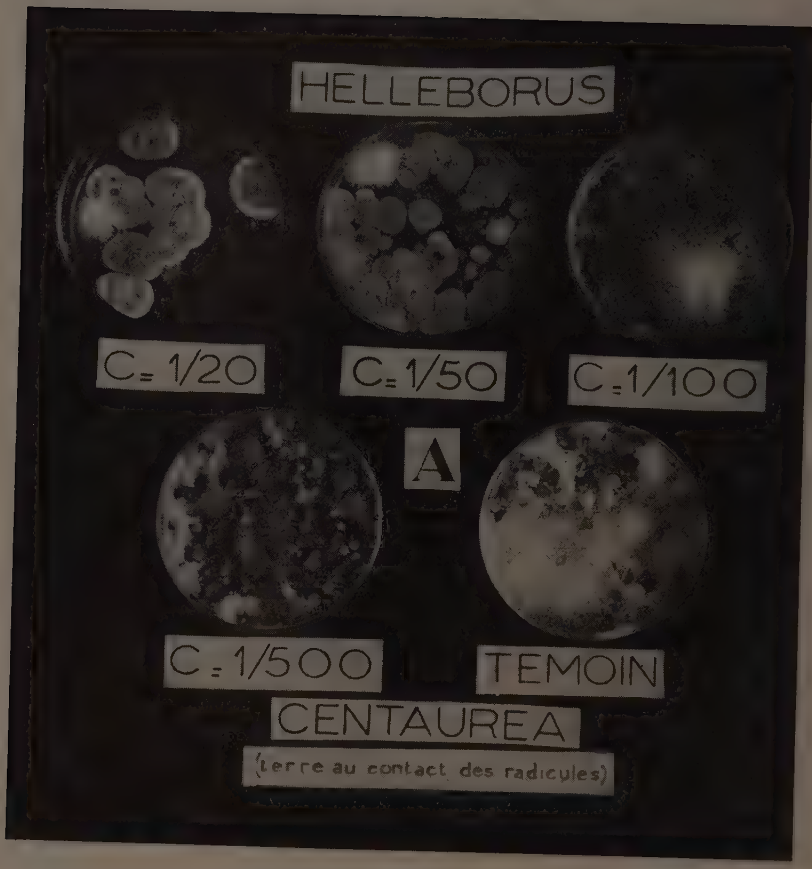


PLANCHE G (essai n° 13). — Effet sélectif de l'Hellébore sur la microflore isolée de la terre prélevée au contact des radicules de *Centaurea cyanus*.

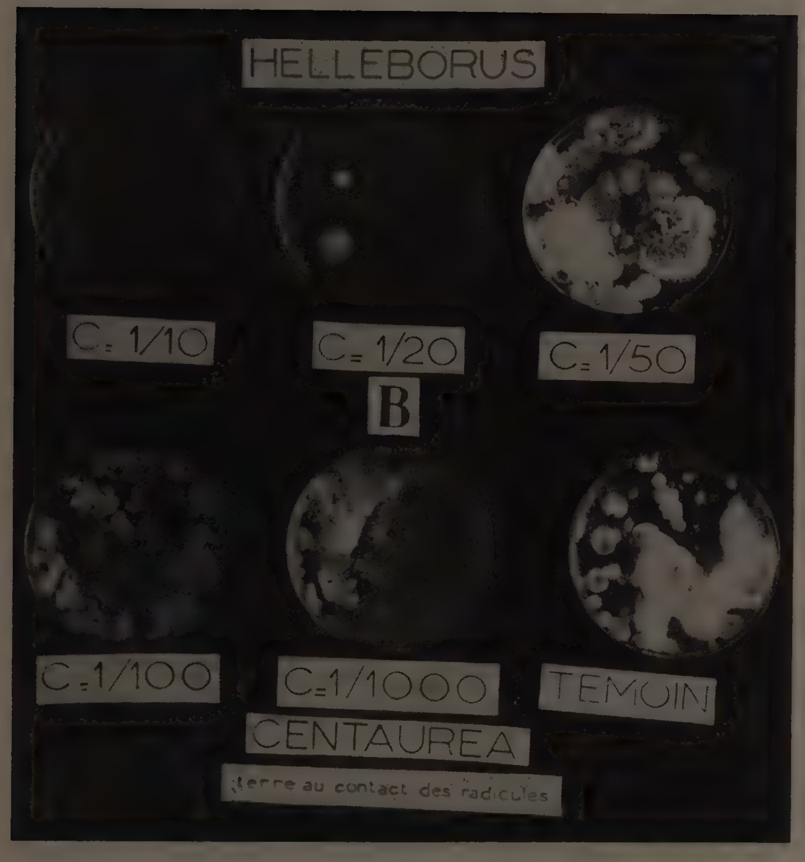


PLANCHE H (essai nº 13). — Effet sélectif de l'Hellébore sur la microflore isolée de la terre prélevée au contact des radicules de *Centaurea cyanus*.

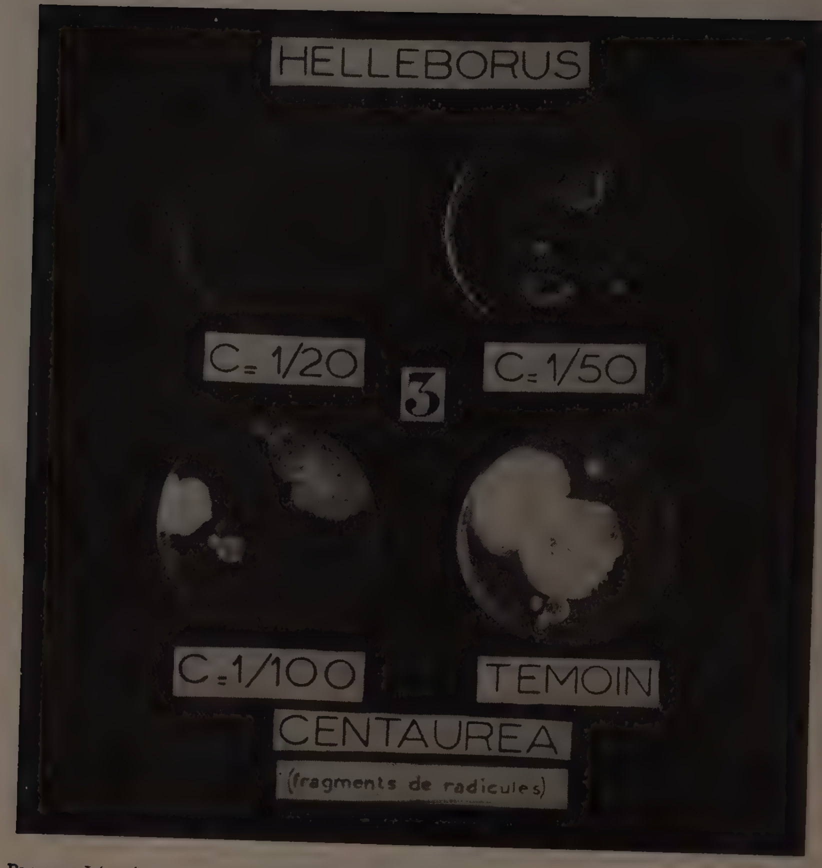


PLANCHE I (essai n° 13). — Effet sélectif de l'Hellébore sur la microflore isolée au contact de fragments de radicules de *Centaurea cyanus*.

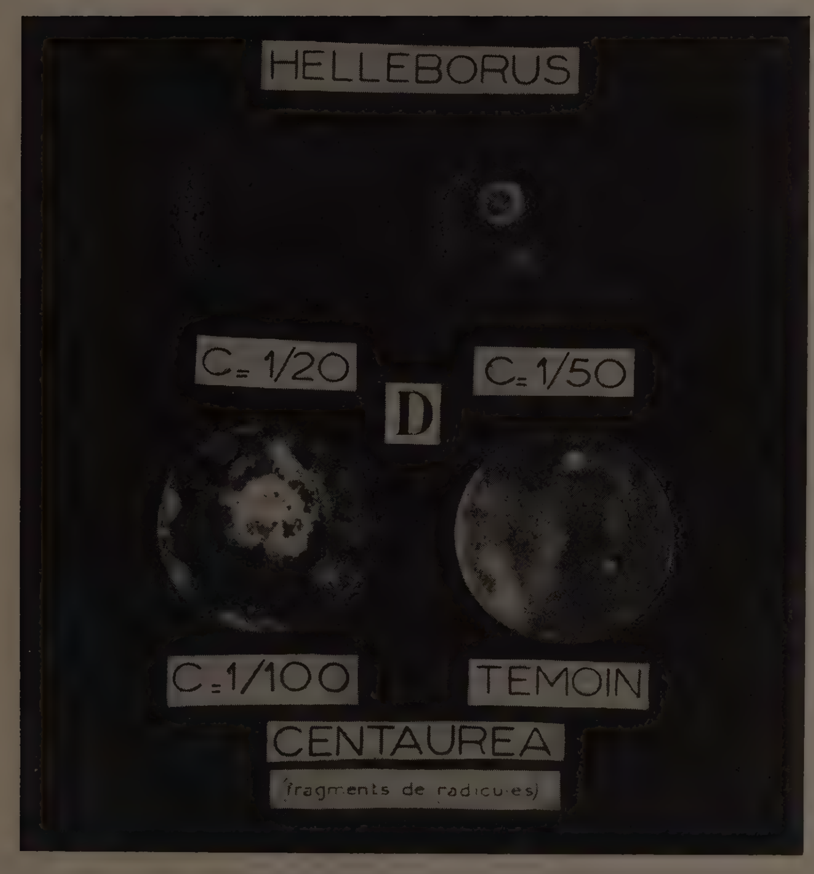


Planche J (essai n° 13). — Effet sélectif de l'Hellébore sur la microflore isolée au contact de fragments de radicules de *Centaurea cyanus*.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES TORTRICIDES NUISIBLES AU FEUILLAGE DES ARBRES FRUITIERS DANS LA BASSE VALLÉE DU RHONE

PAR

Mme G. GUENNELON

Station de Zoologie Agricole
Centre de recherches agronomiques du Sud-Est, Montfavet (Vaucluse).

PLAN DU MÉMOIRE

INTRODUCTION

Chaque année durant toute la période printanière dans la Basse Vallée du Rhône, le feuillage des arbres fruitiers se montre infesté de petites chenilles qui agglutinent et enroulent les feuilles au moyen de fils de soie qu'elles sécrètent. Ces chenilles appartiennent pour la plupart à la famille des Tortricides.

De semblables attaques de Tortricides ont été notées de tous temps en France et dans de nombreuses régions fruitières du globe. Parmi les entomologistes de notre pays, A. PAILLOT s'est penché sur le problème

des Tordeuses défoliatrices du Pommier dans la région lyonnaise, qu'il a déterminées et dont il a relaté l'essentiel de la biologie régionale (11) : trois des cinq espèces étudiées par cet auteur (*Cacoecia rosana* L., *Argyroploce variegana* Hb., *Peronea rhombana* Hb.) font d'ailleurs partie des Tortricides défoliatrices les plus nuisibles dans les vergers de la Basse Vallée du Rhône.

Dans sa magistrale étude sur les biotypes des Trichogrammes, P. MARCHAL rappelle brièvement le cycle évolutif de *Cacoecia rosana* L. près de Paris, et décrit avec soin les pontes de cette Tordeuse que *Trichogramma cacoeciae* parasite très fréquemment.

Nous mentionnerons aussi les récents travaux de A. SOENEN, qui pour la Belgique indique la biologie de douze Tordeuses nuisibles aux cultures fruitières (12). Son ouvrage nous permet en particulier de pouvoir comparer le développement de plusieurs espèces communes en Belgique et dans notre climat plus méridional.

I. — PRINCIPALES ESPÈCES DE TORTRICIDES DÉFOLIATRICES RENCONTRÉES DANS LA BASSE VALLÉE DU RHONE

Au cours de deux années d'observations, en 1952 et 1953, et grâce à de nombreux prélèvements et élevages de chenilles récoltées, nous avons constaté la présence d'une pluralité d'espèces nuisibles dans la région d'Avignon : leurs papillons sont tous de petite taille, ne dépassant pas 2 cm à 2,5 cm d'envergure, de couleur assez terne et de mœurs crépusculaires ou nocturnes. Les larves, de teinte générale verte plus ou moins claire, nuancée parfois de jaune ou de brun, se ressemblent beaucoup. L'étude de leur chaetotaxie, restant à faire par des spécialistes, pourra seule permettre de déterminer les espèces avec certitude. Ces chenilles ont également en commun leur faible taille et leur polyphagie ; elles s'attaquent en effet à tous les arbres fruitiers et à de nombreuses essences fruitières et d'ornement ; de mœurs nocturnes, elles se cachent durant le jour dans les feuilles qu'elles agglomèrent ou roulent en fourreaux, et présentent la propriété caractéristique de fuir à reculons, puis de se laisser tomber très rapidement au bout d'un fil de soie qu'elles sécrètent, lorsqu'on les dérange dans leurs abris.

Parmi ces Tordeuses diverses et polyphages, nous avons rencontré certaines espèces plus fréquemment que d'autres : *Cacoecia rosana* L., *Cacoecia xylosteana* L., *Argyroploce variegana* Hb., *Peronea rhombana* Hb., *Pandemis heparana* S. [1].

[1] Nous remercions très vivement M. BESSARD, Assistant au Laboratoire de Faunistique de Versailles, qui a contribué à la détermination difficile des Tordeuses récoltées ; Mlle TORT, Agent Technique à la Station d'Avignon, qui a effectué avec beaucoup d'application et d'intérêt des observations et des travaux d'élevage particulièrement minutieux.

Cacoecia rosana apparaît comme la plus répandue et la plus dangereuse de ces Tordeuses défoliatrices.

II. — NATURE ET IMPORTANCE DES DÉGATS OBSERVÉS

Les Tortricides défoliatrices sont nuisibles en raison du mode d'alimentation de leurs chenilles phytophages :

1° Description des dégâts

a) **Sur bourgeons** : Les chenilles s'attaquent aux bourgeons dès la période de leur débourrement ; elles pénètrent à l'intérieur de ceux-ci, les transpercent de part en part et dévorent les organes tendres ; les bourgeons en partie vidés ne peuvent alors s'épanouir.

b) **Sur pousses** : Les chenilles agglutinent par une trame de soie les organes des pousses en voie de croissance et les rongent peu à peu,tout en provoquant leur dessèchement.

c) **Sur feuilles** : Ces dégâts sont les plus visibles pour l'arboriculteur, parce qu'ils sont commis le plus souvent par des chenilles âgées et très voraces ; les larves jeunes, en raison de la précocité de leur éclosion, endommagent particulièrement les bourgeons et les jeunes pousses.

Une chenille s'attaquant à une feuille isolée replie l'un de ses bords et s'abrite dans le fourreau ainsi constitué ; elle confectionne parfois de véritables rouleaux en repliant la feuille plusieurs fois sur elle-même, soit dans le sens longitudinal, ou plus rarement dans le sens transversal (particularité de *Cacoecia xylosteana*).

Deux ou plusieurs feuilles situées à proximité les unes des autres peuvent être rapprochées et accolées par une trame de fils de soie dans laquelle la larve se niche ; ou bien la chenille les agglutine complètement et les enroule en un seul fourreau.

A l'intérieur de ces abris de diverses sortes, la larve-hôte dévore peu à peu le parenchyme foliaire, d'abord en mordillant de petites plages de limbe dont elle respecte un épiderme et le réseau des nervures ; puis au fur et à mesure qu'elle grandit elle effectue de plus larges morsures de part en part de la feuille.

d) **Sur fleurs** : Des fleurs accolées à des feuilles attaquées peuvent être également agglutinées dans le bouquet soyeux ; les chenilles s'attaquent dès lors aux calices et aux réceptacles. Nous avons souvent observé ce dégât dans les fleurs de cognassier, de réceptacle relativement volumineux.

e) **Sur fruits** : Les chenilles incorporent de jeunes fruits dans leurs nids soyeux, lorsqu'ils grossissent à proximité de feuilles dans lesquelles elles se sont installées ; elles les rongent et les creusent de galeries qui leur servent d'abris (fig. 1, 2, 3, 4).



FIG. 1. — Dégâts de *C. rosana* sur feuillage de Cognassier (cliché BARTESAGO).

2° Période des dégâts

Les Tordeuses des feuilles commettent leurs dommages pendant toute la période larvaire, c'est-à-dire en mars, avril et mai dans la région avignonnaise. A partir de juin, où la plupart des papillons éclosent, les feuilles agglutinées et abandonnées par les larves se séparent et se redressent ; de nouvelles feuilles poussent, indemnes , et les branches feuillues retrouvent peu à peu leur aspect normal.

3° Importance économique

En dévorant les feuilles d'arbres fruitiers, les chenilles de Tortricides nuisent à toutes les fonctions accomplies par ces organes (assimilation



FIG. 2. — Dégâts de *C. rosana* sur feuillage et fruits de Poirier (cliché BARTESAGO).

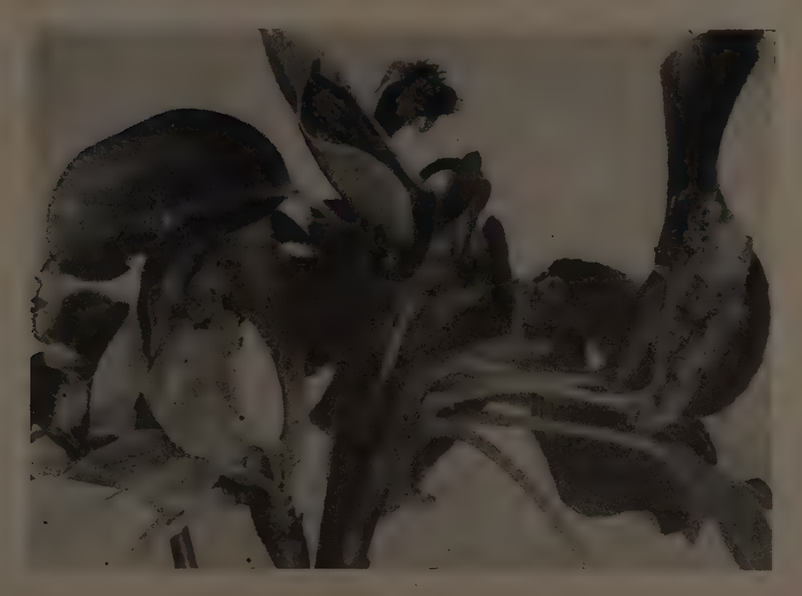


FIG. 3. — Dégâts de *C. rosana* sur feuillage et fruits de Pommier (cliché BARTESAGO).



Fig. 4. — Dégâts de *C. xylosteana* sur feuillage de Cerisier (cliché Bartesago).



Fig. 5. — Cerisier défeuillé par *C. xylosteana* ; à l'arrière-plan, un Cerisier beaucoup moins atteint (cliché Feron).

chlorophyllienne, respiration, transpiration), donc à la vigueur de l'arbre et indirectement à sa production fruitière. Lors d'infestations très importantes, l'attaque peut devenir catastrophique en provoquant la mort de branches ou même d'arbres entiers. En mai 1953 nous avons observé des cerisiers presque complètement défeuillés dans la région d'Apt par les chenilles de *Cacoecia xylosteana* (fig. 5).

Les déprédations sont plus visibles lorsque les larves s'attaquent aux fleurs et aux jeunes fruits, provoquant une perte dans la récolte fruitière, ainsi que dans les pépinières où la destruction de bourgeons et de jeunes pousses retarde et déprécie les sujets en formation.

III. — ÉTUDE PARTICULIÈRE SUR CACOECIA ROSANA

Les travaux effectués sous les climats les plus proches du climat bas-rhodanien, par A. PAILLOT et A. SOENEN, ont précisé la durée annuelle du cycle évolutif de *C. rosana*. Les papillons volent en juin dans le Lyonnais où les larves de la Tordeuse dévorent au printemps les feuilles des pommiers (11). En Belgique les insectes parfaits éclosent également en juin et pondent aussitôt leurs œufs, qui donnent naissance au printemps suivant à des chenilles très polyphages, nuisibles en particulier aux Rosacées et à l'ortie (12).

Grâce à des élevages effectués au laboratoire à partir de pontes prélevées sur des arbres fruitiers, nous avons pu observer avec précision de nouveaux éléments d'ordre morphologique,puis fixer l'évolution régionale des différents stades de cette Tordeuse.

1° PLANTES-HOTES DANS LA RÉGION DU BAS-RHONE

Comme beaucoup de Tordeuses défoliatrices, *C. rosana* est une espèce polyphage qui se nourrit principalement sur les arbres fruitiers, mais peut attaquer de nombreux arbres ou arbustes d'ornement et forestiers.

Dans la région d'Avignon, les dégâts les plus fréquents s'observent sur Poirier, Pommier, Cognassier, Cerisier, Abricotier et Prunier. Seul dans les vergers le Pêcher ne semble pas subir d'attaque. Les chenilles infestent en grand nombre toutes les haies vives qui bordent les chemins et clôturent les vergers de la plaine avignonnaise, en les abritant du mistral (vent du nord dominant). Ces haies touffues offrent aux papillons et larves des microclimats abrités favorables à leur ponte et à leur alimentation : haies de cognassier en particulier, les plus fréquentes, et dont les chenilles semblent très friandes des jeunes feuilles et des fleurs ; haies d'aubépine, ronce, églantier, prunellier, cornouiller sanguin, frêne, orme,

laurier-sauce... Les bosquets d'ormes et de frênes situés en bordure du Rhône sont également des hôtes de *C. rosana*.

Dans les jardins d'ornement la Tordeuse infeste souvent les rosiers et les lilas.

Nous avons trouvé des larves des derniers âges dans des feuilles agglutinées de plantes herbacées poussant à la base des haies (Labiées et Légumineuses). Afin de préciser si l'évolution complète de la larve peut s'accomplir à partir de tous les hôtes cités, ou si certains d'entre eux ne peuvent jouer qu'un rôle d'hôtes temporaires, nous avons entrepris l'élevage de *C. rosana* sur des végétaux divers au laboratoire. Nous n'avons pu obtenir le développement facile et rapide des larves que sur feuilles d'arbres fruitiers, en particulier pour les deux premiers stades ; cependant nous avons réalisé avec succès l'élevage de *C. rosana* depuis la larve néonate jusqu'à l'adulte, sur des feuilles de géranium, trèfle, luzerne, et sur des inflorescences d'euphorbe. Ce résultat nous conduit à l'hypothèse d'une polyphagie très étendue pour cette espèce, et nous pensons qu'une chenille de *C. rosana* dérangée de son abri et tombée jusqu'au sol à la suite d'une agitation quelconque (vent, pluie, traitement de l'arboriculteur...), peut achever son évolution grâce aux plantes herbacées dans les feuilles desquelles elle se tisse un nouveau gîte.

A titre indicatif signalons que des dégâts commis par *C. rosana* ont été notés par des auteurs sur les autres végétaux suivants, sur lesquels nous n'avons pas fait d'observations :

— Platane, Sycomore, Chêne, Tilleul, Bouleau, Peuplier, Mûrier, Saule, Troëne, Noisetier, en France (7) et au Canada (4).

— Framboisier, Groseillier, Cassissier, en France (7), Hollande (5), Finlande (18) et au Canada (4).

— Viorne, Tamaris, Ciste, Chèvrefeuille, en France (1-7).

— Airelle en France (7) et en Hollande (10-16).

— Houblon, Rhododendron, en Angleterre (14-15-17).

— Ortie en Belgique (12) et Allemagne (13).

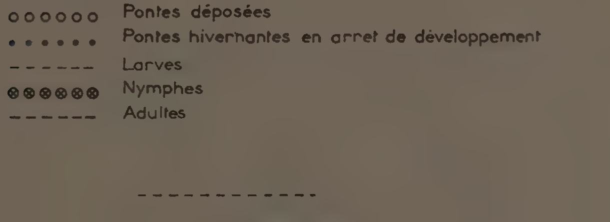
2° CYCLE BIOLOGIQUE : ETUDE DES DIFFÉRENTS STADES DE LA VIE DE L'INSECTE

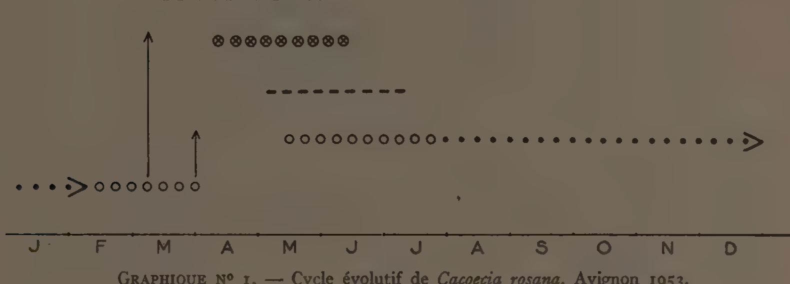
A. Cycle évolutif

C. rosana présente une seule génération par an dans le Bas-Rhône ; les auteurs ayant fait des observations biologiques dans d'autres régions de France ou dans d'autres pays, indiquent également une durée d'un an (1, 3, 4, 12).

L'hibernation s'effectue au stade œuf, les larves éclosent au début du

printemps, se développent en mars, avril et mai, puis se nymphosent ; les adultes, éclos en mai, juin et juillet, pondent aussitôt des œufs qui passent l'été, l'automne et l'hiver sans éclore (graphique I).





GRAPHIQUE N° 1. — Cycle évolutif de *Cacoecia rosana*, Avignon 1953.

B. Les différents stades de la Tordeuse : Caractères essentiels, biologie

a) **Insecte parfait** : Le dimorphisme sexuel est assez accentué en ce qui concerne la taille et le dessin des ailes antérieures : envergure de 18 à 22 mm pour la femelle, de 16 à 18 mm pour le mâle. Tous deux présentent une teinte générale fauve, avec la tête et le thorax brun ou brun rouge, l'abdomen gris fauve, les ailes antérieures tronquées au sommet, les ailes postérieures à bords externes dorés. Les ailes antérieures sont ornées de taches brunes ou brun rouge, très visibles chez le mâle (taches basale, dorsale, costale), beaucoup moins nettes chez la femelle où elles sont limitées par des fines lignes vermiculaires, donnant à l'ensemble de l'aile un aspect chagriné (fig. 6).

Des descriptions très précises de ces papillons sont données par KENNEL, MEYRIK et SPULER dans leurs faunes respectives (6, 9, 13).

De mœurs crépusculaires ou nocturnes, les adultes de *C. rosana* se tiennent pendant le jour immobiles sur les branches et les feuilles à l'ombre, les ailes repliées en toit.

Ils s'accouplent la nuit, presque aussitôt après leur éclosion. Les femelles pondent 2 ou 3 jours après leur sortie. Leur longévité serait assez longue, elle pourrait atteindre 23 jours chez les femelles d'après les obser-

vations de BELOSEL'SKIA (2). Dans nos élevages à 20°, elle atteignait une huitaine de jours.

La période pendant laquelle on a pu capturer par pièges alimentaires des insectes parfaits s'est étendue sur deux mois en 1953, du 10 mai au

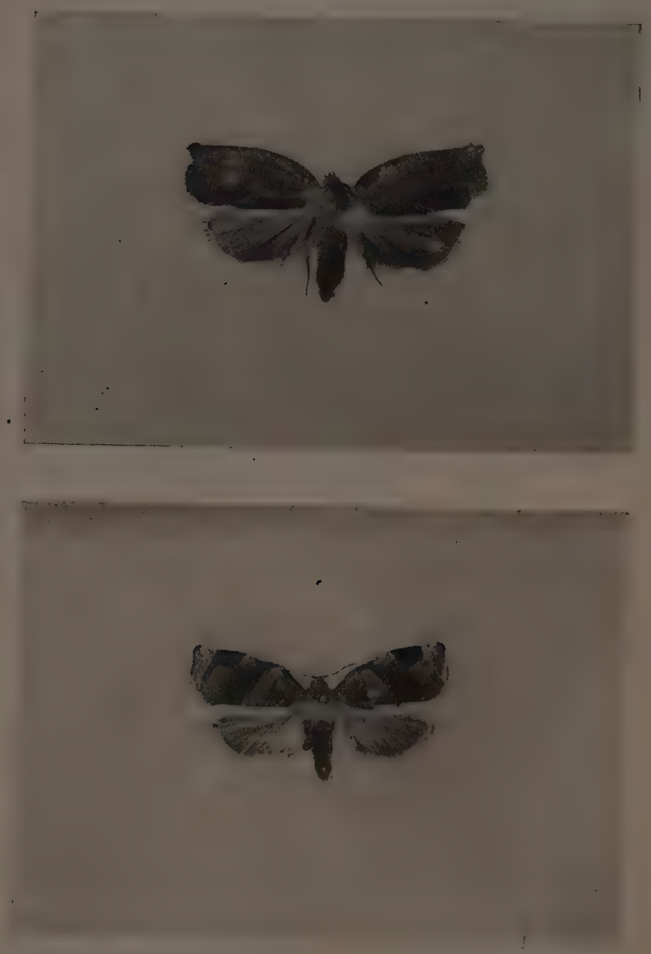
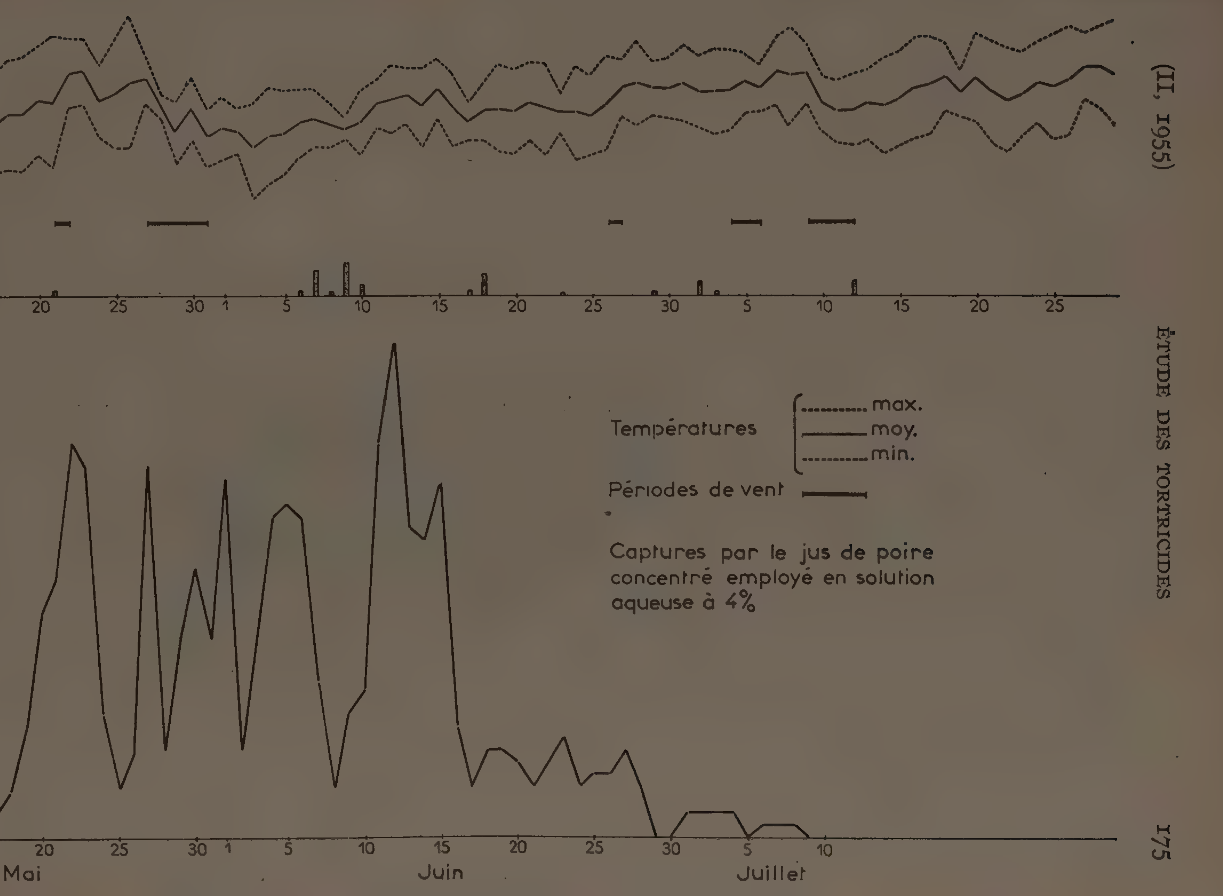


FIG. 6. — *C. rosana* femelle. *C. rosana* mâle (cliché BARTESAGO).

10 juillet environ. Les captures relevées dans 10 pots pièges suspendus dans les arbres d'un verger d'Avignon et contenant du jus de poire concentré et fermentescible employé en solution aqueuse à 4 p. 100 ont permis de tracer une courbe qui montre une période de captures maxima du 20 mai au 15 juin (graphique II).



GRAPHIQUE N° 2. — Courbe de piégeage de *Cacoecia rosana*, Avignon 1953.

b) **Œuf** : Les femelles pondent des groupes d'œufs de nombre très variable, allant de quelques unités jusqu'à plus de 100, serrés et imbriqués les uns sur les autres ; l'ensemble forme une plaquette recouverte d'une sorte de vernis secrété par la femelle, durcissant à l'air et emprisonnant des écailles tombées du corps de l'insecte pondeur.

Ces plaquettes, de forme plus ou moins circulaire ou ovale, n'excédant guère 7 à 8 mm dans leur plus grande dimension, sont pondues en majorité sur l'écorce des arbres-hôtes, sur des zones lisses, souvent dans la fourche de deux branches ; sur les arbustes des haies nous observons la majorité des pontes à la base des troncs, dans les 20 premiers centimètres inférieurs, mais nous avons récolté des ooplaques à tous les niveaux des arbres et des haies.

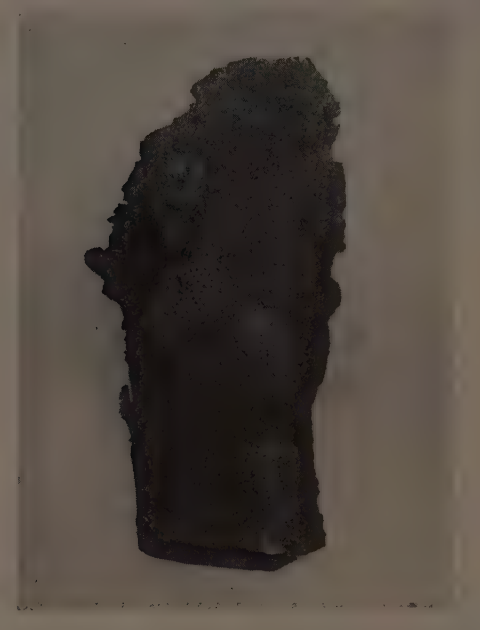


FIG. 7. — Pontes de *C. rosana* sur un lambeau d'écorce de Cognassier : trois pontes non écloses et deux pontes écloses, plus anciennes (cliché BARTESAGO).

C. rosana pond également sur des murs, des piquets de clôtures avoisinant le verger, et sur des mottes de terre à la base des arbres.

Les pontes nouvellement déposées présentent une teinte vert d'eau, puis elles virent au bistre rosé après quelques jours, et brunissent ou se ternissent plus ou moins au cours des 8 ou 9 mois qui précèdent l'éclosion.

Ces ooplaques peuvent demeurer en place très longtemps après l'éclosion de leurs œufs, on distingue à l'œil nu les vieilles pontes grâce à la

multitude de petits trous en croissants qu'elles présentent à leur surface, chaque trou correspondant à un œuf et à la sortie d'une larve.

Souvent nous observons tout un groupe de plaquettes sur une zone restreinte d'écorce, parfois même deux plaquettes accolées dont l'une non éclose et l'autre plus ancienne, ce qui permet de supposer qu'il existe des microclimats particulièrement favorables à la ponte de *C. rosana*. (fig. 7).

Au contraire de *C. rosana*, l'espèce voisine *C. xylosteana* semble pondre plus fréquemment sur les mottes de terre des vergers plutôt que sur les écorces des troncs. Les plaquettes d'œufs, analogues d'aspect à celles de *C. rosana*, virent à une teinte noirâtre. Ces deux particularités amènent beaucoup de difficultés dans leur recherche.

Les œufs de *C. rosana* subsistent pendant 8 ou 9 mois sur les écorces avant d'éclore. MARCHAL, au cours de ses recherches sur la biologie des Trichogrammes parasites des pontes de *C. rosana* (8), indique que l'œuf de cette Tordeuse commence son développement embryonnaire pendant les quelques jours qui suivent la ponte, puis entre en diapause jusqu'au début du printemps suivant, où il reprend alors son évolution. Cette très longue phase embryonnaire n'a jamais dònné lieu à une étude de détail à notre connaissance.

Nous avons constaté pour notre part que des pontes prélevées sur les écorces dès la date du 13 janvier 1953 et placées dans une étuve à 25° et dans une atmosphère saturée d'humidité, ont éclos prématurément, quelques jours après leur récolte. Ce résultat nous amène à penser que la diapause embryonnaire était rompue à cette époque, et que l'action conjuguée d'un réchauffement et d'une forte humidification a accéléré les dernières phases du développement de l'œuf. Nous poursuivons actuellement nos recherches afin de préciser les conditions de cette intéressante évolution.

c) **Larve** : La larve de *C. rosana* ressemble à beaucoup de chenilles de Tordeuses défoliatrices : de petite taille, élancée, de teinte générale verte pouvant varier du jaune paille au vert brunâtre. La capsule céphalique, la plaque thoracique et l'extrémité des pattes sont brun noir ou noires. Quelques longues soies argentées se dressent sur sa face dorsale, au-dessus de sortes de pustules blanchâtres visibles dès le 3ᵉ âge, particulièrement nets après les mues des chenilles âgées. Certaines larves présentent une ligne médio-dorsale vert sombre, mais ce n'est pas un caractère constant.

La teinte liliacée qu'on observe chez certaines chenilles est attribuée par SOENEN à la qualité de la nourriture dévorée (12) ; mais nous l'avons notée chez les larves s'étant alimentées sur les mêmes feuilles que d'autres exemplaires de teinte verte ; cette nuance serait plutôt l'indice d'une mue récente (chez les 4ᵉ et 5ᵉ âges tout au moins).

Nous avons observé l'existence de 5 âges larvaires successifs dont les

dimensions et couleurs respectives sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

TABLEAU I

Caractères des différents âges larvaires

	Ages larvaires	I	II	III	IV	V
Début de l'âge larvaire	Longueur	1,5 mm	2,5 mm	4,5 mm	7 mm	10 mm
	Largeur	0,25 mm	0,50 mm	0,75 mm	1 mm	1,5 mm
Fin de l'âge larvaire	Longueur	2,5 mm	4,5 mm	7 mm	10 mm	22 mm
	Largeur	0,6 mm	0,75 mm	1 mm	1,5 mm	2,5 mm
Couleur		Jaune d'or ou Jaune paille	Jaune Vert	Verte	Verte	Verte

Chez la larve du 5e âge, capsule céphalique et plaque thoracique apparaissent généralement d'un brun plus clair que chez les âges antérieurs (fig. 8).

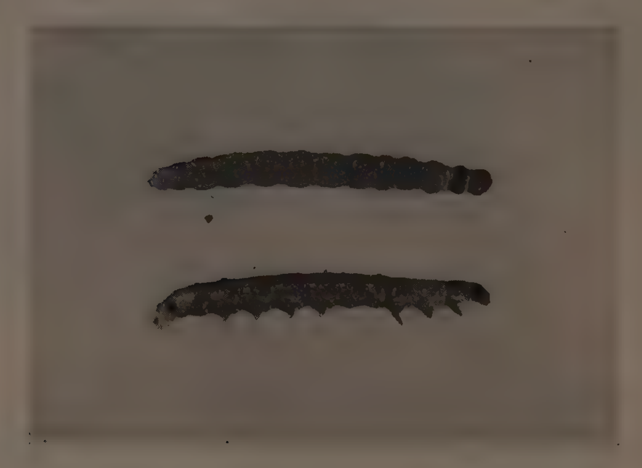


FIG. 8. — Larves de *C. rosana.* au stade V (cliché BARTESAGO).

A tous les âges, la chenille de *C. rosana* manifeste un phototropisme positif.

D'activité nocturne, les larves de *C. rosana* ne dévorent que la partie superficielle des limbes foliaires pendant leurs deux premiers âges, mais à partir du 3e âge leurs morsures traversent complètement les feuilles. Si nous récoltons souvent de nombreuses larves du 1er âge groupées dans le même bourgeon ou dans le même fourreau foliaire, par contre à partir du 2e âge et plus sûrement du 3e âge, les chenilles vivent en solitaires dans chaque bouquet soyeux.

Nous devons souligner leur grande voracité : une larve du 5e âge peut détruire une feuille de taille moyenne en 24 heures.

d) **Nymphe** : Les chenilles se nymphosent dans les fourreaux de feuilles repliées ou enroulées, à l'intérieur desquelles elles se sont nourries. La chrysalide reliée au limbe foliaire par un fil de soie partant de l'extrémité de l'abdomen, présente une teinte générale brun clair avec la zone alaire plus ou moins verte à la face ventrale et une ligne plus sombre aux intersections des segments abdominaux (fig. 9).

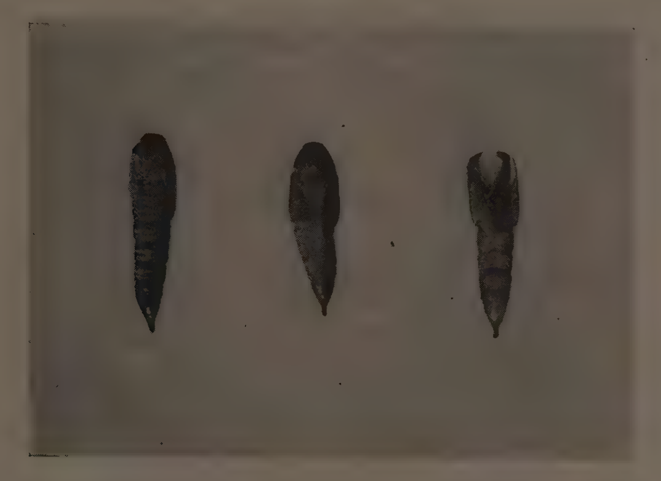


Fig. 9. — Nymphes de *C. rosana* (cliché Bartesago). Face dorsale, Face ventrale, Dépouille nymphale.

C. Durées de développement

a) *Dans nos élevages en cristallisoirs mis en étuve à* 20° et 80 p. 100 H. R., sur feuilles de prunier japonais, la durée totale de développement depuis l'éclosion de l'œuf jusqu'à celle de l'adulte, c'est-à-dire la durée des cinq âges larvaires et celle du stade nymphal, s'est montrée assez variable, en raison de causes diverses : variations individuelles, différences dans la-qualité de la nourriture employée (âge et fraîcheur des feuilles), manipulation au cours du renouvellement de la nourriture, impossibilité matérielle d'isoler toutes les larves. Un mâle a été obtenu dans le temps minimum de 32 jours, mais des papillons ont éclos après plus de 60 jours comptés à partir de l'apparition de la larve néonate correspondante. Néanmoins la majorité des individus s'est développée en 35 à 38 jours. Pour une telle période nous pouvons indiquer les durées partielles suivantes :

Stade larvaire : Ier âge : 4 à 5 jours. — IIe âge : 4 à 5 jours. — IIIe âge : 5 jours. — IVe âge : 5 jours. — Ve âge : 5 jours.

Stade nymphal : 12 à 13 jours.

b) *Dans le milieu naturel* : La durée de chaque stade varie suivant les conditions climatiques auxquelles l'Insecte se trouve exposé et suivant la nourriture absorbée. Pour des vergers moyennement abrités, en bordure du Rhône, la durée totale moyenne de développement de l'éclosion de l'œuf à la sortie du papillon était d'environ deux mois et demi en 1953 (de mi-mars à fin mai par exemple). Mais elle n'a pas excédé deux mois dans une haie de cognassiers située au flanc d'une colline exposée vers le sud (début mars à début mai).

Des prélèvements ayant été effectués toutes les semaines dans une haie de cognassiers, nous avons pu suivre l'évolution de la population de *C. rosana* qu'elle abritait. Le tableau ci-dessous indique les pourcentages relatifs des différents stades et âges larvaires récoltés, pour chaque prélèvement d'environ 200 fourreaux foliaires par semaine.

TABLEAU II

Pourcentages relatifs des différents stades en fonction des dates des prélèvements

Stades et âges / Dates des prélèvements	L I	L II	L III	L IV	L V	N.	IP
19 mars	100	0	0	0	0	0	0
26 »	72,2	27,7	0	0	0	0	0
2 avril	24,5	53	22,2	0	0	0	0
11 »	0	23,4	61,1	13,4	0	0	0
16 »	0	4,3	48,5	42	5	0	0
23 »	0	5,9	25,3	49,2	20,1	0	0
30 »	0	0	5,6	39,4	53,5	1,4	0
8 mai	0	0	0	6,3	65,9	27,6	0
14 »	0	0	0	0	34,2	65,8	0
21 »	0	0	0	0	0	100	0

D. Influence de l'exposition sur le développement de l'Insecte

a) La comparaison des dates d'apparition des stades successifs dans deux haies de cognassiers, situées l'une sur le flanc d'une colline exposée vers le Sud-Est, donc abritée du mistral (haie I), l'autre dans une zone de plaine fréquentée par les vents (haie II), montre que le décalage affectant l'éclosion des œufs dans la haie II subsiste et s'amplifie au cours du développement de l'Insecte :

b) Des prélèvements ont été effectués toutes les semaines sur les faces NW et SW de deux haies perpendiculaires clôturant un même

TABLEAU III

Dates d'apparition des différents stades

	L I	L II	L III	L IV	L V	N	IP
Haie I	5/3	12/3	20/3	30/3	7/4	15/4	vers le 5/5
Haie II	15/3	22/3	30/3	7/4	16/4	30/4	vers le 25/5

verger ; les pourcentages relatifs des différents stades et âges larvaires récoltés mettent en relief le retard permanent de la population de la face NW par rapport à celle de la face SW, moins ventée et plus ensoleillée.

TABLEAU IV

Pourcentages relatifs des différents stades en fonction de l'exposition

Stades et âges / Dates des prélèvements	Exposition	L I	L II	L III	L IV	L V	N	IP
19 mars	NW	100	0	0	0	0	0	0
	SW	100	0	0	0	0	0	0
26 mars	NW	87,3	12,6	0	0	0	0	0
	SW	59,1	40,8	0	0	0	0	0
2 avril	NW	54,1	35,4	10,4	0	0	0	0
	SW	0,8	67,2	31,9	0	0	0	0
11 avril	NW	0	44,1	38,9	16,8	0	0	0
	SW	0	7,8	81,3	10,7	0	0	0
16 avril	NW	0	9,4	62,2	24,5	3,7	0	0
	SW	0	1,1	40	52,9	5,8	0	0
23 avril	NW	0	15,5	51,1	28,8	4,4	0	0
	SW	0	0	12,3	59,5	28	0	0
30 avril	NW	0	0	12	68	20	0	0
	SW	0	0	2,1	23,9	71,7	2,1	0
8 mai	NW	0	0	0	8,3	83,3	8,3	0
	SW	0	0	0	5,7	60	34,3	0
14 mai	NW	0	0	0	0	44,6	55,3	0
	SW	0	0	0	0	9,2	91,7	0
21 mai	NW	0	0	0	0	0	100	0
	SW	0	0	0	0	0	100	0

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

1° Les Tortricides infestant à chaque printemps le feuillage des arbres fruitiers dans la Basse Vallée du Rhône, appartiennent pour le plus grand nombre aux espèces suivantes : *Cacoecia rosana* L., *Cacoecia xylosteana* L., *Argyroploce variegana* Hb., *Peronea rhombana* Hb., *Pandemis heparana* S. Leurs chenilles tissent de fins abris de soie, à l'intérieur desquels elles dévorent les bourgeons, pousses tendres, feuilles ainsi que

les fleurs et jeunes fruits qu'elles creusent de leurs galeries. Du point de vue économique ces attaques nuisent gravement à la formation des sujets de pépinières ainsi qu'à la vigueur des arbres producteurs de fruits. D'où l'intérêt de bien connaître ces divers ravageurs, souvent inaperçus des arboriculteurs en raison de leur faible taille et de leur vie cachée, afin de pouvoir conseiller utilement ces derniers dans les méthodes de lutte à appliquer.

2° Une étude plus détaillée de l'espèce la plus commune dans la Basse Vallée du Rhône, *C. rosana*, nous a permis de souligner la polyphagie remarquable de cet Insecte, et de caractériser les divers stades de son développement (en particulier l'aspect extérieur, la durée et l'activité des cinq âges larvaires pour le climat bas-rhodanien. Une analyse hebdomadaire de la population infestant des haies de cognassiers de différentes expositions a mis en relief un retard de une à trois semaines dans le développement de *C. rosana* dans les haies soumises au vent du nord par rapport à celles qui sont moins ventées et plus ensoleillées.

3° L'étude des moyens de lutte ovicide et larvicide qui sera publiée ultérieurement tiendra compte des résultats exposés ci-dessus pour la détermination des dates de traitements les plus opportunes en fonction de l'éthologie et de l'écologie de l'Insecte.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) BALACHOWSKY (A.) et MESNIL (P. L.). — Les insectes nuisibles aux plantes cultivées, Paris, 1935.

(2). BELOSEL'SKYA. — Sur la biologie de quelques enrouleurs de feuilles. *Défense des Plantes*, n° 4-5, 212-217, Leningrad,1925.

(3) DERYABIN. — Notes sur les Tortricides attaquant les arbres fruitiers dans le district de Marioupol. *Prot. Pl. Ukraine*, 158-161, Karkow, 1928.

(4) GIBSON (A.). — The occurrence of the Tortricid *Cacoecia rosana* L. in Canada. *J. Ec. Ent.*, **17**, 51-54, 1924.

(5) HEY (G. L.) et MASSEE (A. M.). — Tortrix investigations in 1933. *Rep. E. Malling Res. Sta.*, **21**, 228-230,1933.

(6) KENNEL (J.). — Die Palearktischen Tortriciden. Stuttgart, 1921.

(7) LHOMME (L.). — Catalogue des Lépidoptères de Cariol (Lot), 172 p., 1935.

(8) MARCHAL (P.). — Les Trichogrammes. *Ann. Epiph.*, II, **4**, 447, 1936.

(9) MEYRICK (E.). — British Lepidoptera, 419 p. Londres 1927.

(10) NEERGAARD (P.). — Rapport du Service de Pathologie végétale pour l'année 1941. *Versl. Plzkt. Dienst. Wageningen*, n° 100, 1942.

(11) PAILLOT (A.). — Note préliminaire sur les Microlépidoptères nuisibles au pommier. *Rev. Fr. Ent.*, II, **3**, 123-129, 1935.

(12) SOENEN (A.). — Les Tordeuses de nos arbres fruitiers. *Centre de Recherches de Gorsem*, Belgique, 1947.

(13) SPULER (A.). — Die Schmetterlinge Europas. Stuttgart 1908.

(14) THEOBALD (F. V.). — Entomological Department. *Ann. Rept. Res. Adv. Dept.*, 5-20, 1924-1925.

(15) THEOBALD (F. V.). — Notes on insects feeding on hops in 1925. *Ent.*, n° 756, 129-130. Londres, 1926.

(16) Van Poeteren (N.). — Rapport sur le travail au service Phytopathologique pour 1926. *Versl. Plzkt. Dienst. Wageningen*, n° 87, 84 p.
(17) Wilson (G. F.). — Insect pests of hardy Rhododendrons with notes on some uncommon damage. *Gdnrs' Chron.*, 244-245, Londres 1931.
(18) Vappula (N. A.). — Ravageurs des vergers et des végétaux en Finlande en été 1931. Puntarka XXXV, **3**, 69-71. Hameenlinna, 1932.
(19) Zwierezomb-Zubomsky. — Rapport sur le travail du Bureau pour le Contrôle des ravageurs des plantes agricoles pour 1918. Rostoff, 8-29.

RECHERCHES SUR L'AUDITION ET LE COMPORTEMENT ACOUSTIQUE DE QUELQUES OISEAUX D'INTÉRÊT AGRICOLE

I. — ÉTUDES SUR L'AUDITION CHEZ LES CORBEAUX A L'AIDE DE LA MÉTHODE DU POTENTIEL MICROPHONIQUE COCHLÉAIRE [1]

PAR

Bernard VALLANCIEN, Werner LOHER et René-Guy BUSNEL

Laboratoire de Physiologie acoustique, Jouy-en-Josas (Seine-et-Oise).

BUT DU TRAVAIL

Les travaux sur la sensibilité acoustique des Oiseaux pouvant apporter, le cas échéant, des éléments intéressants dans le perfectionnement de la lutte contre les Oiseaux nuisibles, il importait d'entreprendre des études détaillées sur le comportement acoustique de différentes espèces agricoles.

Dans cette voie, en effet, de premières applications pratiques ont été décrites par FRINGS (1954) aux U. S. A. Cet auteur a ainsi pu préconiser l'utilisation d'un cri de frayeur enregistré pour éloigner définitivement de leurs dortoirs les Étourneaux (*Sturnus vulgaris*), qui dans certaines villes américaines souillent les édifices publics.

Le présent mémoire concerne la partie du travail d'ensemble se rapportant plus spécialement à l'étude en laboratoire des réactions auditives. A notre connaissance, rien de détaillé n'avait été encore fait dans ce sens, sur nos principaux Corvidés agricoles : *Corvus frugilegus* [2] (Freux), *Corvus monedula* (Choucas), et *Corvus corone* (Corneille noire).

Par contre, des recherches de même nature avaient été conduites pour préciser la gamme des fréquences de sensibilité acoustique pour une vingtaine d'espèces diverses, telles que le Pigeon, la Poule, la Mésange, le Perroquet, le Rouge-gorge, etc., par différents physiologistes tels que

[1] Recherches effectuées en coopération avec le laboratoire des Vertébrés de l'I. N. R. A. qui conjointement étudie, dans la nature, le comportement acoustique des mêmes espèces, et qui nous a fourni des oiseaux utilisés pour le présent travail.

[2] D'après « A field guide to the birds of Britain and Europe », de Roger PETERSON, Guy MOUNTFORT et P. A. D. HOLLOM, Collins Ed., Londres, 1954.

KIMURA (1931), SCHWARTZKOPFF (1948-1954), DE VRIES (1949), FREYE (1952), aboutissent à la détermination de courbes types des sensibilités acoustiques des diverses espèces.

MÉTHODE UTILISÉE

Pour ces études sur la sensibilité auditive de ces oiseaux, nous avons fait appel à la méthode des dérivations des potentiels microphoniques de la Cochlée. Nous nous devons de souligner préalablement que le potentiel microphonique de la cochlée est un phénomène électrique dont l'origine, encore mal connue, ne préjuge pas forcément des perceptions au niveau du cortex, et en fait, rend plus spécialement compte de la capacité de détection et d'analyse du son au niveau de l'oreille interne.

S'il reste vrai que l'analyse physiologique au niveau central représenterait l'image la plus fidèle de la perception acoustique, deux objections restent néanmoins présentes : la difficulté de la localisation et de l'isolement des aires auditives d'une part, et d'autre part, la méconnaissance dans laquelle nous nous trouvons de la nature des impulsions arrivant au niveau central, à partir des vibrations aériennes perçues au niveau de la cochlée.

Le fait d'utiliser les potentiels microphoniques permettait ainsi d'écarter ces difficultés théoriques, jointes aux difficultés techniques de la pose des électrodes sur un nerf acoustique profondément protégé et d'une longueur extrêmement faible, ou au niveau des aires auditives qui ne sont pas encore localisées avec précision, au moins chez ces espèces (voir fig. 1.)



FIG. 1. — Zone opératoire chez un jeune Freux (original).

Il est permis cependant d'envisager que les ondes sonores perçues et analysées par la cochlée sont transmises sous une forme quelconque, d'une nature plus électrique qu'acoustique, au cerveau, dans le but d'engendrer une sensation sonore. La courbe de sensibilité de réception aux différentes

fréquences donne donc une image plus authentique des fréquences qui ont le plus de chance d'être captées par le cortex, à partir de l'organe de réception.

Enfin, si l'on peut établir une corrélation entre l'analyse spectrale du cri de l'oiseau et le maximum de sensibilité de la cochlée, on aura une raison de plus pour penser que la sensation corticale se superpose à la réponse cochléaire, indépendamment d'ailleurs de la nature de la transmission dans le nerf acoustique.

Le but de nos expériences a été moins de rechercher une courbe de réponse de l'oreille que de connaître le maximum de sensibilité d'une bande de fréquence déterminée, celle-ci devant correspondre à celle pour laquelle le cerveau doit répondre au maximum de la sensation.

TECHNIQUES EXPÉRIMENTALES

Anesthésie. Les oiseaux recevaient une injection intrapéritonéale d'éthyl-méthyl-butyl-barbiturate de sodium à 65 mg par cm^3, proportionnelle à leur poids et variant de 0,10 à 0,14 cm^3. L'anesthésie complète se trouve réalisée en dix minutes environ et se prolonge durant trois à six heures. Il a été parfois nécessaire de compléter la narcose par une injection supplémentaire de 0,03 cm^3 lorsque le sommeil était incomplet ou si un réveil se produisait pendant le cours de l'expérience (nous devons signaler deux cas de mort, consécutifs à l'anesthésie sur 38 oiseaux utilisés dans ces expériences).

Préparation des Oiseaux. L'oiseau est fixé fermement sur un liège, la tête fortement calée pour éviter tous mouvements lors de la dérivation des potentiels.

Voies d'accès aux régions acoustiques. Deux voies différentes ont été utilisées : la voie temporale et la voie pharyngée (fig. 1, 2 et 3).

La première, seule, nous a permis de récolter, d'une façon satisfaisante, les potentiels microphoniques.

La peau du crâne est dégagée de ses plumes dans la région rétro-auriculaire. La peau est incisée sur 1,5 cm, les muscles du cou sont ruginés et l'on aperçoit la croix d'Ewald par transparence de l'os. Le saignement, qui peut être important, a été arrêté, en cas de besoin, par un hémostatique. L'os est trépané facilement à l'aide d'un stylet pointu et la brèche agrandie à la pince.

« Le canal horizontal et le canal vertical postérieur osseux se croisent en formant la croix d'Ewald qui est un repère important ; on reconnaît le canal semi-circulaire horizontal au fait qu'il est longé par un sinus sanguin

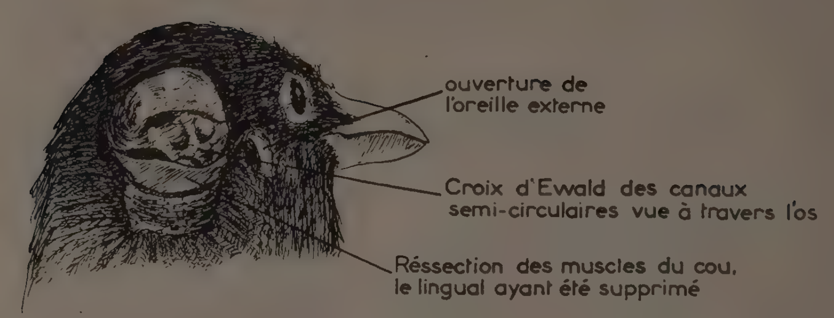


Fig. 2. — Vue d'ensemble de la préparation chez le même animal après que l'on a effectué la trépanation (original).

canal semi-circulaire
ampoule externe
fenêtre ovale
columelle
point d'application de l'électrode
canal semi-circulaire
branche postérieure
1 cm

Fig. 3. — Vue de l'Oreille interne et point d'application de l'électrode (original).

de couleur violacée ; c'est au niveau du quadrant antéro-inférieur de la croix qu'on pénètre dans le crâne pour atteindre l'oreille moyenne » (Van Eyck).

On aperçoit, dans la profondeur, au milieu du fin lacis des trabécules osseuses la fenêtre ovale où se termine la columelle. Contre elle, et dans un plan perpendiculaire, se trouve la fenêtre ronde. Au-dessus de la fenêtre ovale, l'ampoule du canal semi-circulaire externe apparaît avec sa coque osseuse arrondie (voir fig. nº 4).

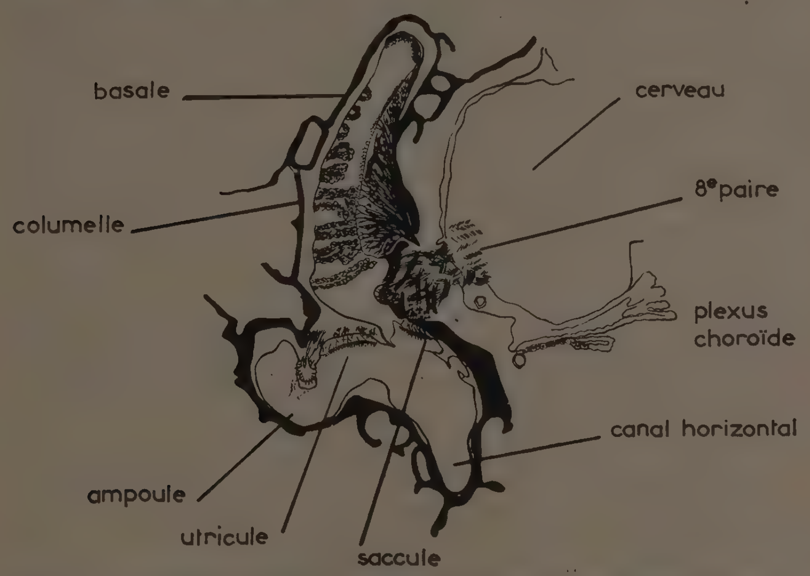


Fig. 4. — Vue schématique du labyrinthe acoustique d'un Oiseau (Pigeon) montrant les relations entre le cerveau et l'origine de la 8e paire (d'après A. Eggeston et D. Wolff).

Pose de l'électrode. L'électrode, constituée d'un fil d'acier fin, isolé par une gaine de polyvinyle, est placée entre la fenêtre ovale et l'ampoule du canal semi-circulaire externe. Cette place nous a paru, à l'expérience, comme la plus propice, pour récolter les phénomènes.

L'électrode indifférente, ou masse, est fixée dans les muscles du cou, à l'aide d'une pince.

Le système des deux électrodes est maintenu en place grâce à un dispositif de fixation mobile dans tous les axes et qui peut être rendu fixe à l'aide des vis de serrage.

La préparation est entièrement placée sur une plaque métallique reliée à la terre.

Appareillage d'amplification et de lecture. Les électrodes sont reliées à un amplificateur électronique. Nous avons dû essayer plusieurs types d'amplificateurs. De nos expériences, il résulte que l'importance du gain

est limitée, d'une part, par la nécessité d'un signal lisible, donc d'une amplification suffisante pour des potentiels qui sont beaucoup plus faibles que chez les Mammifères, d'autre part, par les artéfacts et ronflements engendrés par une amplification trop forte. Deux étages d'amplification avant l'amplificateur nous ont paru fournir une solution satisfaisante.

D'un autre côté, il est nécessaire d'avoir une amplification très stable pour la lecture et fournissant une courbe de réponse s'étendant très haut dans le champ des fréquences audibles. De plus, il est indispensable d'éliminer tous les effets microphoniques provenant des tubes en particulier, par un isolement acoustique soigné. La lecture est effectuée sur l'écran d'un oscillographe bicourbe (Dumont).

Générateur de son. Les stimuli étaient des ondes sinusoïdales pures continues [1] ; une hétérodyne de basse fréquence alimentait un haut-parleur (S. E. M.) placé à une distance fixe de l'oreille de l'oiseau, la membrane de celui-ci travaillant dans un plan perpendiculaire à l'axe du conduit auditif, sans qu'aucune pièce intermédiaire relie l'oreille à la source sonore, audition en champ libre. Le système d'émission sonore fut soigneusement relié à la terre et tout courant capable d'engendrer des signaux par induction doit être éliminé par un contrôle préalable. Enfin, l'appareillage au complet était placé dans une cage de Faraday.

Étalonnage. Avant d'interpréter les phénomènes auditifs, il était nécessaire d'avoir une exacte connaissance de la pression sonore reçue sur le tympan de l'oreille lors de l'émission des différentes fréquences. Pour cela, nous avons utilisé un sonomètre (type L. E. A.) [2].

Le microphone du sonomètre était placé à la même distance du haut-parleur que l'oreille de l'animal et dans une direction convenable par rapport à la membrane de celui-ci, de façon à travailler dans des conditions identiques.

Les mesures ainsi pratiquées et la courbe de réponse récapitulative sont indiquées dans le tableau IX et la courbe nº VII.

En outre, au cours des expériences, le microphone du sonomètre était placé en arrière de la tête de l'oiseau dans le but d'assurer un contrôle permanent d'intensité, compte tenu de la petite différence de distance et d'axe existant entre la surface tympanique et la membrane du microphone par rapport au centre du haut-parleur.

(1) Nous spécifions qu'il s'agit d'un signal continu et la mesure a été faite après un certain temps d'émission afin d'éliminer l'influence possible du transitoire de départ.

(2) Nous remercions vivement le Laboratoire d'Acoustique du Centre National d'Etudes des Télécommunications pour avoir bien voulu mettre cet appareil à notre disposition.

RÉSULTATS

Nous reproduisons ici plusieurs tableaux et courbes, correspondant aux chiffres trouvés pour les diverses espèces.

1° Sur les trois tableaux (1, 2, 3), nous avons indiqué dans chaque colonne l'amplitude du signal en millimètres, pour une tension déterminée aux bornes du haut-parleur, de 15 V d'abord, de 10 V ensuite. Ces valeurs en mm peuvent être ramenées en décibels à l'aide du tableau d'étalonnage (n° IX) réalisé grâce au sonomètre qui a pour référence 2×10^{-4} baryes, quelle que soit la fréquence. Les courbes correspondantes portent les indications I, II, III et l'étalonnage est transcrit dans la courbe VII.

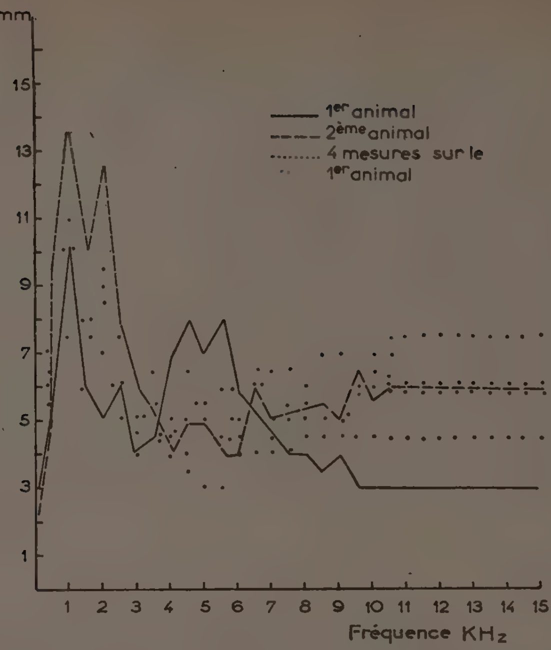
2° Nous avons, pour préciser les modalités de l'audition, examiné ses variations, en fonction des deux paramètres essentiels, fréquence et intensité, séparément.

Tableau I

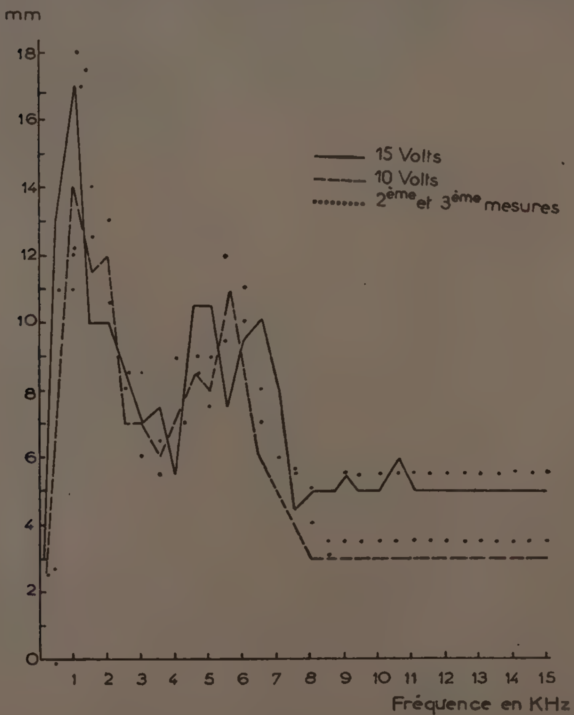
Réponse de la cochlée en fonction de la fréquence du signal pour une tension électrique appliquée au haut-parleur de 10 et 15 volts. (Les valeurs expriment en mm le déplacement du spot sur l'écran cathodique, tous les paramètres de réglage étant constants.)

Freux

Fréquences en Hz	15 V. Individus						10 V. Individus	
	n° 1	n° 2					n° 1	n° 2
100	3	3	3	2,5	3	2,5	2	2,5
500	5	9,5	6,5	5,5	7	6	4	5
1 000	10	13,5	10	10	11	7,5	9	8
1 500	6	10	6	8	8	7,5	5	8
2 000	5	12,5	9	8,5	9,5	7	5	7,5
2 500	6	8	6	6	7,5	5	4	5
3 000	4	6	4,5	4	5	5	3	4
3 500	4,5	5,5	4,5	5,5	6,5	4,5	3,5	4
4 000	7	4	4,5	5	4	4,5	6	4,5
4 500	8	5	5	4	6,5	3,5	5	4,5
5 000	7	5	5	5,5	5,5	3	5	4
5 500	8	4	4,5	4,5	6	3	6	4
6 000	6	4	5	4,5	5	4	5	4
6 500	5	6	6	6	6,5	4	5	3,5
7 000	4,5	5	5	4,5	6,5	4	3	3,5
7 500	4	5,5	5,5	5	6,5	4	3	3
8 000	4	5,5	5,5	5	6	4,5	3,5	4
8 500	3,5	5,5	5,5	5	7	4,5	2,5	4
9 000	4	5	5	5	7	4,5	2,5	4
9 500	3	6,5	6,5	6	6	4,5	2,5	4
10 000	3	5,5	6	6,5	7	4,5	2,5	4
10 500	3	6	6	6	7,5	4,5	2,5	4
11 000 à 15 000	3	6	6	6	7,5	4,5	2,5	4



GRAPHIQUE I. — Amplitude de la réponse aux diverses fréquences pour le Freux.



GRAPHIQUE II. — Amplitude de la réponse aux diverses fréquences pour la Corneille.

TABLEAU II

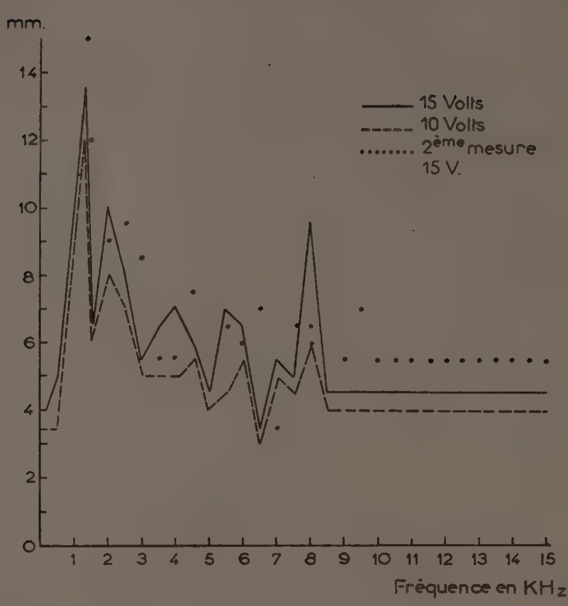
Réponse de la cochlée en fonction de la fréquence du signal pour une tension électrique appliquée au haut-parleur de 10 à 15 volts Corneille

Fréquence en Hz	Amplitude en mm			
	15 V.			10 V.
100	3	2,5	2,5	2,5
500	13	12	12	11
1 000	17	17	18	14
1 500	10	12,5	14	11,5
2 000	10	10,5	13	12
2 500	8	8	8,5	7
3 000	7	6	8,5	7
3 500	7,5	5,5	6,5	6
4 000	5,5	7	9	7
4 500	10,5	8,5	9	8,5
5 000	10,5	7,5	9	8
5 500	7,5	9,5	12	11
6 000	9,5	10	11	9
6 500	10	8	7	6
7 000	8	5	6	5
7 500	4,5	5,5	5,5	4
8 000	5	5	4	3
8 500	5	3	3,5	3
9 000	5,5	5,5	3,5	3
9 500	5	5,5	3,5	3
10 000	5	5,5	3,5	3
10 500	6	5,5	3,5	3
11 000	5	5,5	3,5	3
11 500	5	5,5	3,5	3
12 000 à 15 000	5	5,5	3,5	3

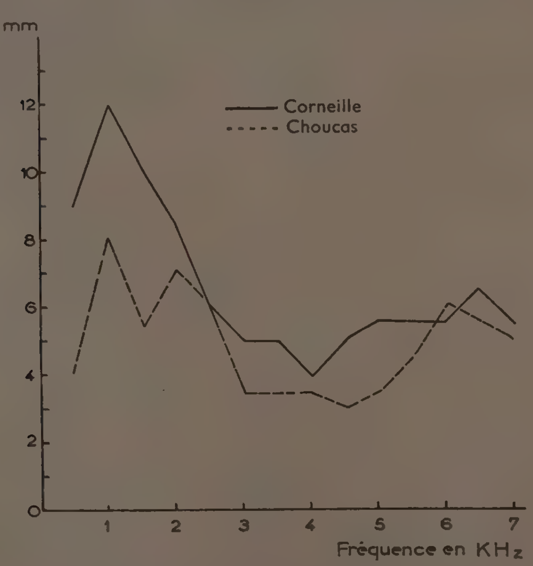
TABLEAU III

Réponse de la cochlée en fonction de la fréquence du signal pour une tension électrique appliquée au haut-parleur de 10 à 15 volts Choucas

Fréquence	Amplitude en mm			Fréquence	Amplitude en mm		
	15 V.		10 V.		15 V.		10 V.
100	4	4	3,5	6 000	7	6,5	4,5
500	5	6	3,5	6 500	6,5	6	5,5
1 000	10	9	9	7 000	3,5	7	3
1 500	13,5	15	12	7 500	5,5	3,5	5
2 000	6,5	12	6	8 000	5	6,5	4,5
2 500	10	8	8	8 500	9,5	6,5	6
3 000	8	9,5	7	9 000	4,5	4,5	4
3 500	5,5	8,5	5	9 500	4,5	5,5	4
4 000	6,5	5,5	5	10 000	4,5	7	4
4 500	7	5,5	5	10 500	4,5	5,5	4
5 000	6	7,5	5,5	11 000 à 15 000	4,5	5,5	4
5 500	4,5	4	4				



Graphique III. — Amplitude de la réponse aux diverses fréquences pour le Choucas.



Graphique IV. — Réponse aux diverses fréquences pour une intensité constante de 85 dB.

Dans un premier temps, l'intensité a été maintenue constante, alors qu'on faisait varier la fréquence. On a pris arbitrairement la valeur de 85 dB, qui nous a paru la meilleure pour examiner la réponse aux différentes fréquences.

On trouvera sur deux tableaux (nº 4 et 5) et dans les deux courbes du graphique IV les résultats obtenus sur Choucas et Corneille.

Tableau IV

Réponse de la cochlée en fonction de la fréquence et de la tension électrique appliquée au haut-parleur

Intensité de 85 dB

Corneille

Fréquence en Hz	Volts	Amplitude en mm
500	4	8
1 000	7	12
1 500	12,5	10
2 000	6	8,5
2 500	6	6
3 000	3,5	5
3 500	3,5	5
4 000	3	4
4 500	2	5
5 000	3,5	5,5
5 500	3,5	5,5
6 000	7	5,5
6 500	10	6,5
7 000	15	5,5

Tableau V

Réponse de la cochlée en fonction de la fréquence et de la tension électrique appliquée au haut-parleur

Intensité de 85 dB

Choucas

Fréquence en Hz	Volts	Amplitude en mm
500	4	4
1 000	7	8
1 500	12,5	5,5
2 000	6	7
2 500	6	6
3 000	3,5	3,5
3 500	3,5	3,5
4 000	3	3,5
4 500	2	3
5 000	3,5	3,5
5 500	3,5	4,5
6 000	7	6
6 500	10	5,5
7 000	15	5

Un étalonnage préalable avait été fait en considérant les valeurs de la tension au potentiomètre pour une intensité acoustique en dB, au niveau de l'oreille de l'oiseau, ce qui était rendu possible, grâce à l'utilisation du sonomètre.

Dans un second temps, la fréquence était maintenue constante, alors que l'intensité variait. On a repris arbitrairement les fréquences de 1 000 Hz, 2 000 Hz, 5 000 Hz, 7 000 Hz et 10 000 Hz.

Sur les deux tableaux VI et VII, on trouvera consignés les résultats pour la corneille et le choucas, et les courbes V et VI expriment les résultats en Hz et en tension aux bornes du haut-parleur.

TABLEAU VI

Variation de la réponse cochléaire en fonction de l'intensité pour diverses fréquences

Corneille

Volts	1 000 Hz	2 000 Hz	5 000 Hz	7 000 Hz	10 000 Hz
15	14 mm	11,5 mm	8,5 mm	5,5 mm	3,5 mm
10	11	11	6,5	5,5	3
5	8	8	6	4,5	—
2	5	6	4	3	—
1	3,5	4,5	3,5	—	—

TABLEAU VII

Variations de la réponse cochléaire en fonction de l'intensité pour diverses fréquences

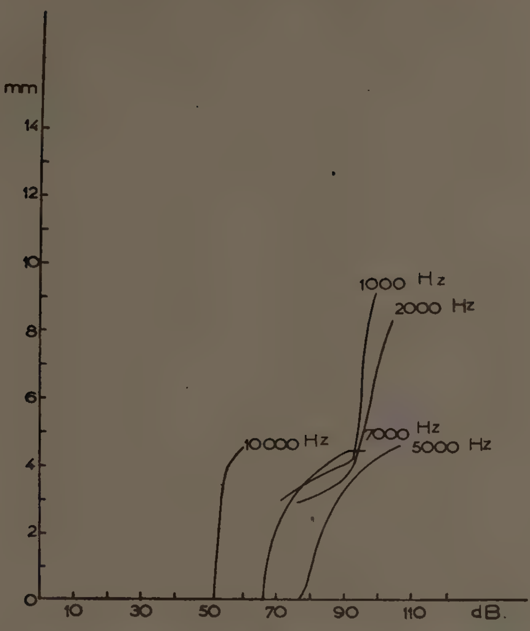
Choucas

Volts	1 000 Hz	2 000 Hz	5 000 Hz	7 000 Hz	10 000 Hz
15	9 mm	8,5 mm	4,5 mm	4,5 mm	4,5 mm
10	7	6,5	4,5	4,5	4
5	4	4,75	4	4	—
2	3,5	3,5	3,25	3	—
1	3	3	—	—	—

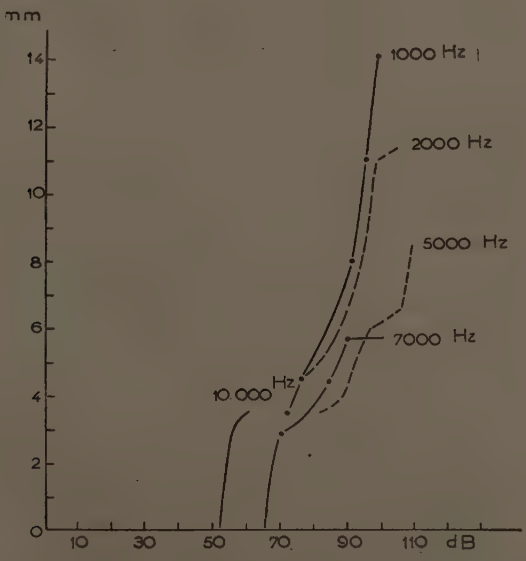
Le tableau VIII exprime la valeur en dB, correspondant à la tension fournie par le générateur.

DISCUSSION DES RÉSULTATS

Il apparaît tout d'abord (graphiques I, II et III) que ces trois espèces ont en commun une très grande sensibilité pour le domaine des fréquences basses comprises entre 500 Hz et 3 kHz, et que comparativement, la



GRAPHIQUE V. — Réponse pour une fréquence constante (Hz) en fonction de l'intensité (dB) pour la Corneille.



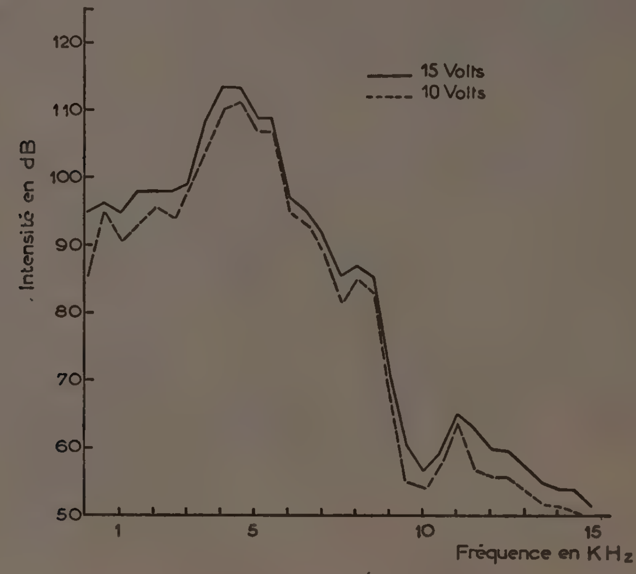
GRAPHIQUE VI. — Réponse pour une fréquence constante (Hz) en fonction de l'intensité (dB) pour le Choucas.

Tableau VIII

Etalonnage du générateur

Bruit de fond : 25-30 dB

Volts	1 000 Hz	2 000 Hz	5 000 Hz	7 000 Hz	10 000 Hz
15...............	99 dB	105 dB	109 dB	93 dB	60 dB
10...............	96	99	106	90	56
5...............	91,5	94	97	85	51,5
2...............	79	88	89	73	44
1...............	72	76	78	66	34



Graphique VII. — Étalonnage.

Tableau IX

Etalonnage du haut-parleur, mesures de la puissance de sortie effectuées à 40 cm de distance dans l'axe, exprimées en décibels pour une alimentation sous tension de 10 et 15 volts

Fréquence en Hz	10 V	15 V	Fréquence en Hz	10 V	15 V
100	85,5 dB	90 dB	8 000	85 dB	87 dB
500	95	96,5	8 500	83	85,5
1 000	90,5	95	9 000	68	71,5
1 500	93	98	9 500	55	60,5
2 000	95,5	98	10 000	54	57
2 500	94	98	10 500	57	59
3 000	98	99	11 000	63	65
3 500	104	108	11 500	57	63
4 000	110	113,5	12 000	56	60
4 500	111	113,5	12 500	56	59,5
5 000	107	109	13 000	54	57
5 500	106,5	109	13 500	52	55
6 000	95	97	14 000	51,5	54
6 500	93	95	14 500	50,5	54
7 000	89	91,5	15 000	49,5	51,5
7 500	82	85,5			

Corneille a une sensibilité plus grande que les deux autres espèces. Ceci se rapproche de ce que nous savons de la biologie de ces oiseaux, ce dernier étant surtout un animal solitaire, alors que Freux et Choucas sont essentiellement grégaires, et qu'ils répondent ainsi au critère « sensibilité acoustique/densité des individus », défini par l'un de nous pour d'autres espèces animales, et en particulier les Insectes.

Les trois espèces ont également en commun une plage de sensibilité très nette entre 4 et 8 kHz, 4-6 pour le Freux, 7-8,5 pour le Choucas, 4-7,5 pour la Corneille.

La différence de sensibilité entre la Corneille noire et le Choucas est du reste tout à fait évidente dans les graphiques IV, V et VI, où l'on peut observer que pour une même intensité de 85 dB, l'amplitude de la réponse du potentiel est en moyenne moitié plus forte pour la Corneille, et qu'aux diverses fréquences jusqu'à 5 000 Hz, avec des intensités variables, les réponses sont toujours beaucoup plus fortes pour ce dernier oiseau.

Il est du reste intéressant de noter que d'après de premières observations faites sur des oiseaux en liberté dont les chants ont été enregistrés, les émissions acoustiques du Corbeau freux et de la Corneille sont graves avec une fréquence dominante comprise entre 1 000 et 2 000 Hz ; par contre, les Choucas ont un *chant* (1) plus bref et sensiblement plus aigu. Des analyses en cours, effectuées dans le cadre d'ensemble de cette étude avec M. Ph. GRAMET, nous renseignerons d'ailleurs d'une manière précise sur ce sujet.

CONCLUSIONS

1° L'étude de la sensibilité acoustique du Corbeau freux, du Choucas et de la Corneille noire a été faite par la technique du potentiel microphonique cochléaire, aux diverses fréquences comprises entre 500 Hz et 10 000 Hz, avec des intensités de 50 à 110 dB.

2° Les trois espèces étudiées ont un domaine de sensibilité acoustique préférentiel pour les basses fréquences entre 1 000 et 2 000 Hz.

3° La Corneille noire, a comparativement aux deux autres espèces, une plus grande sensibilité acoustique d'environ de moitié.

4° Le domaine de la plus grande sensibilité acoustique semble correspondre aux valeurs moyennes de fréquences émises dans les « chants » de ces oiseaux.

Reçu pour publication le 14 janvier 1955.

(1) Chant : Ce terme doit être considéré dans le sens d'une émission acoustique, qui généralement, chez les oiseaux, est appelé chant, sans qu'il y ait de considérations harmoniques à priori.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES [1]

EGGSTON (A. A.), WOLF (D.). — Histopathology of the Ear, Nose and throat. William Willenis C°, Baltimore, 1947.

VAN EYCK (M.). — Recherches sur l'électrophysiologie des ampoules des canaux semi-circulaires chez le Pigeon. *Acta O. R. L. Belg.*, **4**, 233, 1950.

VAN EYCK (M.). — Potentiels cochléaires et ampullaires du Pigeon. *Arch. Internatl. Physiol.*, **58**, 476, 1950-1951.

FREYE (H. A.). — Das Gehörorgan der Vögel. *Wiss. Zschr. Martin Luther U. Halle-Wittenberg* II, n° 5, 267-297, 1952-53. *Math, naturweiss. Reihe*, n° 3.

FRINGS (H.), JUMBER (J.). — Preliminary studies on the use of a specific sound to repel starlings (*Sturnus vulgaris*) from objectionable roosts. *Science*, **119**, 318-319, 1954.

KIMURA (T.). — Morphologische Untersuchungen über das Membranöse gehörorgan der Vögel. *Fol. Anat. Japan*, **9**, 91-142, 1931.

SCHWARTZKOPFF (J.). — Die Hörschwellen des Dompfaffen (*Pyrrhula p. minor* BREHM). *Naturwiss.*, **9**, 287, 1948.

SCHWARTZKOPFF (J.). — Der Vibratiossinn der Vögel. *Naturwiss.*, **10**, 318, 1948.

SCHWARTZKOPFF (J.). — Untersuchungen über die Arbeitsweise des Mittelohres und das Richtungshoren der Singvögel unter Verwendung von Cochlea-Potentialen. *Z. vergl. Phys.*, **34**, 46-62, 1952.

SCHWARTZKOPFF (J.). — Schallsinnesorgane, ihre Funktion und biologische Bedeutung bei Vögeln. *Internationalen Ornithologen Kongress.* Bâle, 1954, sous presse.

DE VRIES (H. L.), BLEEKER (J. D. W.). — The microphonic activity of the labyrinthe of the Pigeon. *Acta Oto-Laryng.*, **37**, 289-297, 1949.

[1] Pour une bibliographie complète, consulter le mémoire de SCHWARTZKOPFF (J.) de 1954, Internationalen Ornithologen Kongress, Bâle, 1954, sous presse.

L'ÉLEVAGE PERMANENT DE *CERATITIS CAPITATA* WIED. AU LABORATOIRE

PAR

M. FERON
Station de Zoologie agricole
Montfavet (Vaucluse)

K. SACANTANIS
Service de la Défense
des Végétaux, Marrakech (Maroc)

I. — INTRODUCTION

La possibilité d'élever de façon permanente un insecte au laboratoire est un élément de première importance pour la poursuite des études biologiques sur cet insecte ; elle permet aussi, s'il s'agit d'un insecte nuisible, la poursuite d'essais toxicologiques en dehors des périodes d'apparition et d'attaques dans la nature. On imagine facilement que les possibilités d'élevage de la Mouche méditerranéenne des fruits (*Ceratitis capitata* WIED) soient assez grandes ; on sait en effet que ce Diptère attaque un nombre considérable de fruits (plus de 200 espèces), et que son développement est du type homodyname, sans arrêt obligé ou diapause ; ses exigences écologiques sont d'autre part très larges, comme le montre une répartition géographique englobant les régions tropicales, sub-tropicales et tempérées.

En fait, une grande partie des études réalisées sur *C. capitata* l'ont été sous des climats favorables toute l'année au développement de l'Insecte ; notamment aux Iles Hawaï, où la température moyenne mensuelle dépasse 20°C et où des fruits favorables au développement peuvent constamment être trouvés. On comprend que dans ces conditions des recherches poursuivies dans des buts immédiatement pratiques (notamment la désinfection des fruits destinés à l'exportation) n'aient pas conduit à la mise au point de méthodes d'élevage permanent. Le problème s'est posé de façon plus sérieuse avec le développement de la lutte biologique nécessitant l'entretien et la multiplication de souches importantes de parasites donc de Mouches. Mais les méthodes d'élevage proposées jusqu'à ces dernières années par différents chercheurs présentent généralement de grosses difficultés pratiques pour un élevage important ; elles consistent généralement en milieux à base de pulpe de fruits ou de jus

de fruit et gélose ; les principaux obstacles à leur emploi sont l'obtention et le repiquage des œufs, et la limitation du nombre de larves ainsi élevées. Nous avons pu de notre côté, mettre au point un milieu d'élevage artificiel synthétique pour les larves de *C. capitata* ; mais des difficultés analogues ont empêché un emploi pratique de ce milieu, dont l'usage doit encore être réservé à des études physiologiques de base.

L'élevage de *C. capitata* en France, où l'endémisme de l'Insecte n'est pas prouvé et reste même discuté, où en tous cas les conditions climatiques ne peuvent assurer le développement que pendant quelques mois d'été, devait poser des problèmes particuliers. Lorsque, à la suite de la grave attaque de la Mouche des fruits en 1949, nous avions recueilli dans les Laboratoires de la Station Centrale de Zoologie des lots d'Insectes venant de la région Parisienne, la conservation de cette souche avait fait apparaître de grosses difficultés ; outre l'ignorance que nous avions des conditions d'ambiance favorable à réaliser, nous n'avions à notre disposition que des fruits peu convenables à la pratique de l'élevage (poire, pomme) et difficiles à trouver à partir d'une certaine époque.

C'est pour résoudre ce problème de l'élevage de *C. capitata* que nos premières études ont été orientées d'une part sur le comportement de l'Insecte et plus particulièrement le déterminisme de la ponte, et d'autre part sur la nutrition de la larve et la recherche du milieu le plus favorable à son développement. Nos travaux se poursuivent sur ces sujets, mais les premières séries d'observations que nous rapportons ici ont abouti à la mise au point d'une méthode simple et pratique d'élevage de *C. capitata* en Laboratoire dont nous pensons intéressant de faire connaître les principes et les détails de réalisation.

II. — CHOIX D'UN FRUIT POUR LA PONTE

La Mouche des fruits étant capable d'attaquer des fruits aussi différents que le raisin, la pomme, le pamplemousse et les baies de café, on pouvait penser qu'il ne serait pas difficile de trouver un fruit pouvant recevoir des pontes et assurer le développement des larves. Il est apparu en fait que différents fruits que l'on pouvait se procurer facilement en France, pêche, poire, pomme, recevaient des pontes d'importances très comparables lorsque ces fruits, choisis assez mûrs, étaient placés dans des cages d'élevage. D'autres facteurs que nous examinerons plus loin, s'opposaient cependant à l'utilisation pratique de ces fruits pour un élevage important ; la difficulté ou l'impossibilité qu'il y avait à se les procurer suffisamment mûrs en toute saison était l'obstacle le plus important.

Nos observations sur le comportement de ponte nous avaient montré

par ailleurs que la Mouche pouvait pondre sur des supports bien différents, certains facteurs tels que la couleur, la forme, l'éclairement, jouant un rôle certain, mais secondaire en l'absence de choix. Autrement dit nous avions acquis la certitude que le stimulus fondamental dirigeant la Mouche vers un support où elle chercherait à pondre était d'ordre visuel. Nous avions constaté également que l'existence de ruptures dans l'écorce d'un fruit favorisait le réflexe de ponte, notamment des trous de pontes déjà effectuées, ce qui confirmait le fait signalé par différents auteurs de la possibilité de trouver dans une seule loge de ponte un nombre d'œufs bien supérieur à celui que peut déposer une seule femelle.

Partant de ces considérations, l'un de nous, cherchant à comprendre pourquoi la banane est un fruit pratiquement non attaqué par *C. capitata* dans la nature, eût l'idée, pour obtenir des pontes dans ce fruit, de le suspendre dans une cage d'élevage après avoir perforé l'épicarpe de nombreux trous à l'aide d'une aiguille. Des pontes furent alors obtenues aussi abondantes que sur les autres fruits, suivies d'un développement normal des larves, montrant ainsi que l'épicarpe de la banane était le principal obstacle aux attaques de la Mouche sur ce fruit, en raison probablement de sa dureté, son épaisseur, et peut-être d'autres facteurs d'ordre chimique ou physico-chimique.

La possibilité acquise de pouvoir utiliser la banane comme fruit récepteur engageait à étudier ses qualités pour le développement larvaire, car si ce fruit se révélait être un bon milieu d'élevage, il avait alors le grand avantage de pouvoir être trouvé toute l'année sur les marchés français au même état de maturité.

III. — DÉVELOPPEMENT COMPARÉ DANS DIVERS FRUITS

Quelques auteurs ont déjà apporté des données précises sur la durée de développement de la larve dans différentes espèces de fruits. RIVNAY en particulier comparait les durées de développement larvaire à 29°C dans la figue (6 jours), la pêche (9 jours), la poire (12 jours), et la pomme (15 jours), attribuant ces différences aux variations dans la consistance et la composition des fruits utilisés. La figue serait donc un fruit intéressant pour une multiplication rapide de *C. capitata*, mais la durée très courte de sa période d'utilisation en interdit l'emploi rationnel.

Il était intéressant pour nous de comparer les durées de développement dans quelques fruits que l'on trouve en France pendant un temps plus ou moins long, en comparaison avec la durée de développement dans la banane.

Les résultats qui suivent ont été obtenus dans les conditions ambiantes constantes suivantes : température 25-26°C, humidité relative 60-70 p. 100

Les fruits étaient laissés 24 heures dans une cage d'élevage puis placés, toujours à 25-26°C, sur du sable qui était tamisé chaque jour pour recueillir les pupes. Les pupes elles-mêmes étaient gardées à 25-26°C et les éclosions notées chaque jour.

TABLEAU I

Durée de développement larvaire en jours
(depuis la ponte jusqu'à la pupaison)
pour différents fruits

Fruit	*Nombre de fruits examinés*	*Durée minimum*	*Durée maximum*	*Durée moyenne*
Pomme	53	14	28	18
Poire	136	11	20	16
Pêche	37	10	19	12
Banane	164	9	17	11

TABLEAU II

Durée de développement des pupes résultant de pontes sur différents fruits

Fruit	*Nombre de pupes*	*Durée minimum*	*Durée maximum*	*Durée moyenne*
Pomme	500	11	19	12
Poire	500	8	14	10
Pêche	500	7	13	9
Banane	500	7	12	8

TABLEAU III

Durée totale de développement
(depuis la ponte jusqu'à la sortie de l'imago)
pour des pontes sur différents fruits

Fruit	*Nombre de fruits examinés*	*Durée minimum*	*Durée maximum*	*Durée moyenne*
Pomme	53	25	47	30
Poire	136	19	34	26
Pêche	37	17	32	21
Banane	164	16	29	18

Ces données montrent que la banane constitue un milieu très intéressant quant à la rapidité de développement.

Il était aussi intéressant de comparer le rendement d'élevages faits sur ces différents fruits, tant en ce qui concerne le nombre des Insectes obtenus, que la qualité. Ce rendement paraît être essentiellement, à importances de pontes comparables, sous la dépendance de deux facteurs :

1) La contenance en éléments nutritifs.

2) La rapidité de décomposition du fruit qui permet à un plus ou moins grand nombre de larves de se développer complètement.

A cet égard, la banane s'est montrée être un fruit à décomposition lente, l'épaisseur de son épicarpe jouant un rôle important notamment

pour empêcher des ruptures qui produisent chez d'autres fruits un écoulement de la pulpe ; il faut aussi faire intervenir la faible teneur en eau de la pulpe de banane, et peut-être un rôle protecteur de l'épicarpe contre des fermentations nuisibles au développement des larves.

Pour des fruits, placés dans des cages d'élevage dans les mêmes conditions ambiantes, et en présence de populations de Mouches de même nombre, et d'état de maturité comparable, nous avons obtenu les résultats suivants :

TABLEAU IV

Nombre de pupes obtenues pour des pontes sur différents fruits

Fruit	*Nombre de pupes maximum par fruit*	*Rendement moyen par fruit*
Pomme	64	environ 30 pupes
Poire	82	60
Pêche	120	60
Banane	378	100

On conçoit facilement que dans un fruit qui a nourri un nombre considérable de larves, une certaine concurrence vitale a joué, et que le développement a pu se faire difficilement. C'est ainsi qu'une poire qui a nourri 15 larves a donné 15 pupes qui ont (pesées avant l'éclosion) un poids moyen de 9,5 mg. Une banane ayant nourri 20 larves donne des pupes de 9 mg et une banane ayant nourri plus de 245 larves a donné 245 pupes dont les poids moyens se répartissent ainsi :

60 pupes de 3 mg
58 pupes de 5 mg
127 pupes de 6 mg

D'autre part, lorsque le nombre de pupes est très élevé pour un même fruit, et que la petite taille des pupes montre une croissance insuffisante de la larve, on note un déchet plus important à l'éclosion. Pour une banane ayant donné 70 pupes le pourcentage d'éclosion a été de 95 p. 100 ; pour des bananes ayant donné un grand nombre de pupes les pourcentages d'éclosions ont été les suivants :

222 pupes	81 p. 100
336 pupes	73 p. 100
378 pupes	65 p. 100

La mesure des poids moyens de pupes obtenues à partir d'élevages sur différents fruits dans les mêmes conditions donne le résultat suivant :

TABLEAU V

Poids moyens des pupes provenant de larves développées sur différents fruits

Fruit	*Nombre de fruits*	*Nombre de pupes*	*Poids moyen des pupes*
Pomme	22	500	7,9 mg
Poire	20	500	8,05 mg
Pêche	25	500	8,55 mg
Banane	10	500	7,8 mg

Il serait intéressant de savoir si ces différences ne sont pas en rapport avec la richesse en eau des fruits.

Les données ainsi obtenues montrent que la banane est un fruit convenant parfaitement à un élevage de *C. capitata* au Laboratoire. Des considérations pratiques s'ajoutent aux données physiologiques ; en effet, les autres fruits ont une pourriture provoquant une décomposition poussée du fruit, le liquide de décomposition mouillant fortement le sable sur lequel le fruit est posé ; la séparation des pupes devient difficile, alors que la banane donne un écoulement très faible et souvent nul. Enfin le principal avantage de la banane est de pouvoir, comme nous l'avons déjà dit, être trouvée toute l'année sur le marché. D'autre part différents essais nous ont montré que le problème de l'alimentation des imagos de *C. capitata* en élevage était parfaitement résolu par l'utilisation de rondelles de bananes suspendues dans la cage ; on évite ainsi les inconvénients de l'emploi de jus de fruits ou de liquides nutritifs artificiels peu pratiques à utiliser.

IV. — TECHNIQUE DE L'ÉLEVAGE SUR BANANE

Nous donnons ici les modalités techniques de l'élevage permanent de *C. capitata* sur banane, tel qu'il est réalisé à la Station Centrale de Zoologie de Versailles, et adopté, toujours avec succès, par d'autres laboratoires.

a) Conditions ambiantes

Les études écologiques de divers auteurs nous renseignent sur les conditions les plus favorables à une fécondité optimum de *C. capitata*. L'expérience nous a confirmé que les principales conditions à réaliser pour tous les stades sont les suivantes :

Température 25-27° C
Degré hygrométrique 70
Éclairage assez intense

Nous ajouterons que les pupes sont sensibles à un excès d'humidité, et qu'il faut éviter de les laisser dans un milieu saturé d'eau. Les imagos par contre souffrent d'un excès de sécheresse, et si la mortalité est très forte lorsque le degré hygrométrique descend à 50 et au-dessous, un état hygrométrique convenable n'écarte pas la nécessité d'une alimentation en eau permanente ; les accidents de mortalité importante que nous avons constaté au début de nos élevages nous ont paru provenir plus probablement d'un déficit en eau que d'épizooties par suite de surpopulation d'une cage. Il est cependant utile, comme pour tout élevage, de prendre des garanties concernant l'état sanitaire ; c'est pourquoi les

cages seront lavées périodiquement (à l'eau formolée par exemple), et le sable utilisé pour recueillir les pupes sera chauffé à 100°C, ceci pour détruire les germes de fermentation des bananes nuisibles au développement des larves, et détruire aussi éventuellement les pupes de Drosophile qui peuvent envahir les élevages.

b) Modèles de cages utilisés

Nous avons réalisé deux modèles de cage : l'un que nous appelons le « Type A « conçu pour pouvoir fonctionner de façon autonome en donnant pour l'élevage des conditions de température et d'hygrométrie convenables, l'autre le « Type B « destiné à être utilisé dans une pièce d'élevage à atmosphère conditionnée.

Cage de « type A » :

Cette cage forme parallépipédique présente les dimensions utiles suivantes pour l'élevage :

Largeur	47 cm
Hauteur	44 cm
Profondeur	33 cm

CAGE DE TYPE "A"

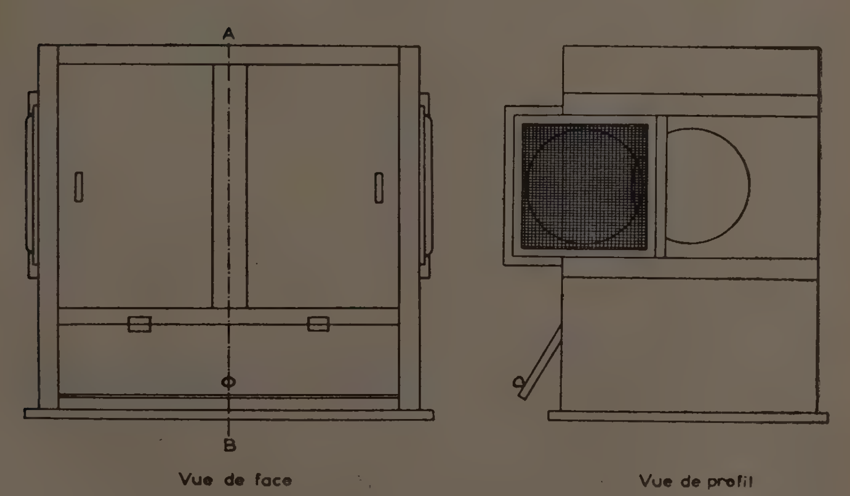


FIG. 1. — Cage de type « A » Dimensions utiles : 47 × 44 × 33 cm.

Le bâti est en bois ; les parois latérales sont en bois et comportent chacunes une ouverture circulaire de 15 cm de diamètre fermée par un panneau coulissant portant la même ouverture fermée par un grillage fin

(on peut le remplacer par un panneau coulissant portant un manchon d'étoffe, ce dispositif permettant certaines manipulations dans les cages sans laisser échapper d'insectes) ; le plafond de la cage est fait d'une plaque de verre, la paroi postérieure d'un grillage fin, la partie antérieure est fermée par deux vitres glissant dans une même rainure de façon à être assez accolées l'une à l'autre pour que les mouches ne puissent passer (des taquets de verre collés sur les vitres en permettent la manipulation) dans la cage, des petits taquets fixés sur les parois latérales supportent deux tiges de fer après lesquelles seront suspendus les fruits, et éventuellement les appareils de contrôle (thermomètre, hygromètre) ; le fond de la cage est constitué par un panneau amovible en grillage galvanisé fin.

Une espace de 10 cm, de hauteur est ménagé sous la partie utile que nous venons de décrire. Cet espace est fermé par une porte montée sur charnière. On y dispose, sur une plaque de fibrociment, une résistance électrique de 120 watts (modèle corde résistante à usage industriel). Au-dessus de la résistance chauffante on place, sur des supports isolants un bac en zinc de 5 cm de profondeur ; ce bac maintenu plein d'eau, assure la constance du degré hygrométrique de la cage.

Dans une cage ainsi réalisée, l'atmosphère se maintient à peu près dans les conditions désirées pour l'élevage de *C. capitata* dans l'ambiance normale d'un laboratoire ; les conditions peuvent être modifiées en ouvrant plus ou moins la porte du compartiment inférieur. Si l'on désire s'assurer de conditions de température bien constantes, on pourra disposer dans la cage un petit thermostat, soit du type bilame classique, soit mieux encore du type thermomètre à mercure à contacts électriques ; ce dernier modèle assurant par l'intermédiaire d'un relais-contacteur la mise en marche de la résistance chauffante peut servir à actionner les résistances d'un groupe de cages placées dans les mêmes conditions.

L'éclairage de la cage est réalisé par deux tubes fluorescents (à lumière « blanc-dorée ») disposés sous un réflecteur surplombant la cage. Une telle cage peut héberger un très grand nombre de mouches. Si elles sont utilisées pour obtenir des pontes, on pourra y maintenir 300 à 500 couples environ. Si elles sont utilisées pour garder une réserve de mouches on pourra y maintenir facilement 3 000 mouches ; dans ce cas on aura intérêt à ne pas chauffer, ni éclairer, de façon à diminuer l'activité des mouches et augmenter de ce fait leur longévité.

Cage de « type B « :

Cette cage de forme cylindrique est réalisée en matière plastique transparente (Rhodoïd, d'épaisseur 8/10 mm, collage à l'acétone) les dimensions en sont les suivantes :

Hauteur .... 25 cm
Diamètre .... 20 cm

Une porte coulissante de 10 cm de large permet les manipulations dans la cage (la forme arrondie de la porte facilite son glissement vers le bas) ; deux ouvertures couvertes de tissu mousseline permettent une certaine aération ; une tige de fer permet l'accrochage des fruits.

Une telle cage peut héberger normalement, pour un élevage, 100 couples de mouches au maximum.

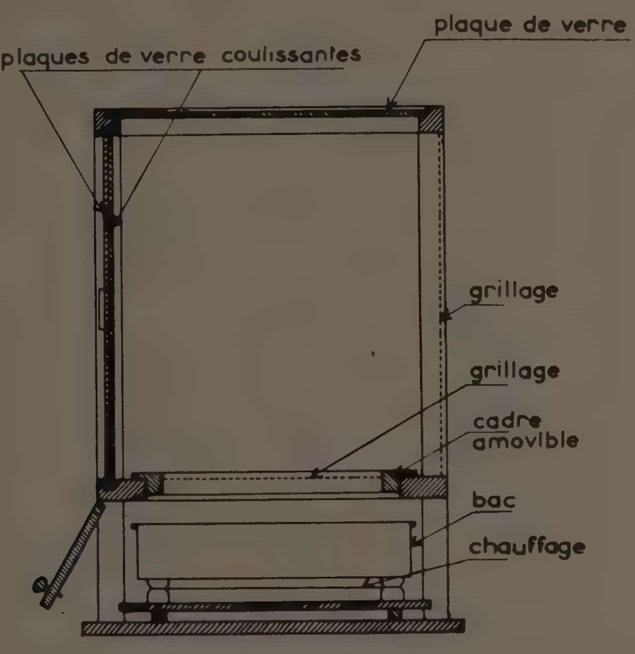


FIG. 2. — Cage de type A. — Vue en coupe.

Ces deux modèles de cage, surtout le « type A «, ont été réalisés sur nos indications dans différentes Stations de Recherches de France et d'Afrique du Nord, avec des variations de détail au gré des expérimentateurs, et ont toujours donné satisfaction. Elles nous ont servi en outre pour des séries d'observations et expériences sur le comportement de *C. capitata*, et peuvent être utilisées pour d'autres insectes.

c) Pratique de l'élevage

Dans les cages contenant un nombre de couples correspondant aux indications données ci-dessus, la nutrition assurant la survie et une fé-

CAGE DE TYPE "B"

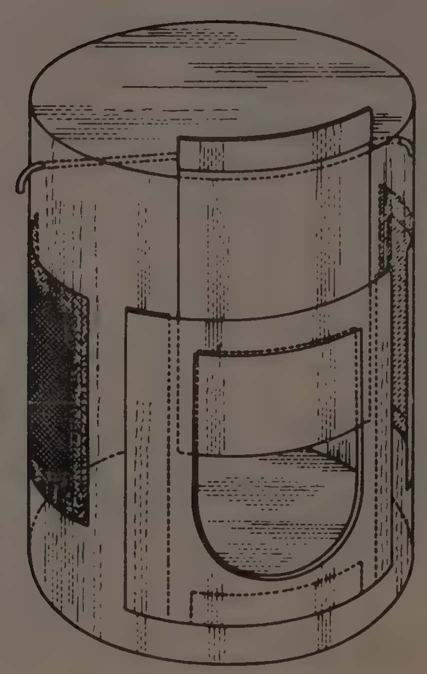


FIG. 3. — Cage de type B, en matière plastique transparente. Hauteur 25 cm, diamètre 20 cm.

condité normale des mouches est assurée par des rondelles de bananes suspendues au nombre de 2 pour 100 mouches ; ces rondelles sont changées toutes les 24 heures. L'alimentation en eau est assurée par un système d'abreuvoir maintenant constamment humide un papier buvard.

Les bananes sont achetées pas trop mûres, propres, non abimées ni déchirées, (en particulier au pédoncule). Leur conservation avant utilisation se fait à la température de 8-10°C ; elles sont sorties à la température ambiante quelques heures avant l'utilisation.

Les bananes sont préparées pour la ponte en les piquetant rapidement sur toute leur surface avec une aiguille assez grosse (aiguille montée pour dissections par exemple). Elles sont ensuite suspendues dans les cages au moyen d'un crochet de fil de fer piqué dans le pédoncule.

On place les bananes dans les cages (2 pour la cage Type A ; 1 pour la cage Type B), où elles sont laissées 24 heures, l'éclairage étant perma-

nent. Les fruits ayant reçu des pontes sont placés dans des bocaux de verre, sur une couche de sable sec de 5 cm environ ; les bocaux sont fermés par une mousseline maintenue par un élastique, dans le but surtout d'empêcher l'entrée de Drosophiles qui, trouvant dans le fruit en fermentation un milieu idéal, pulluleraient assez rapidement pour gêner l'élevage. Les bocaux maintenus à 25°C, sont repris 16 jours après ; à ce moment les larves sont toutes sorties du fruit ; les pupes sont alors triées par tamisage du sable (un autre mode de triage, plus rapide, consiste à jeter le sable dans un grand cristallisoir rempli d'eau ; les pupes surnagent et sont recueillies facilement ; cette brève immersion ne gêne pas leur développement). Les pupes gardées à 25°C commencent à éclore à partir du 17- jour après la ponte, et 12 jours au plus après leur formation ; les mouches obtenues sont libérées dans une cage de réserve où l'on puise pour renouveler les populations des cages de ponte. Le renouvellement des cages de type B, contenant environ 100 couples, se fait tous les 15 jours ;

V. — OBSERVATIONS SUR UN ÉLEVAGE EN COURS

Un élevage de *C. capitata* est entretenu à la Station Centrale de Zoologie de Versailles avec le matériel, et dans les conditions indiquées cidessus. Cet élevage est issu d'une souche de Mouche des fruits obtenue à partir de fruits contaminés dans la région de Versailles à l'automne 1949 (cette année avait été marquée par une attaque de *C. capitata* d'une exceptionnelle ampleur sur l'ensemble du territoire Français). L'élevage avait débuté sur différents fruits et principalement sur poires, non sans de nombreuses difficultés ; la technique d'élevage sur banane a été mise au point en 1950, et depuis 4 ans l'élevage est fait rigoureusement dans les mêmes conditions à partir de la souche initiale. Différentes observations ont montré que les caractéristiques biologiques de la souche de *C. capitata* ne semblent pas s'être modifiées tout au moins en ce qui concerne les relations entre la rapidité de développement et la température, et certaines réactions du comportement.

L'élevage d'entretien de la souche est assuré par l'emploi de deux bananes par jour et se fait dans les cages de Type B. Le rendement d'un tel élevage est suffisant pour pouvoir disposer en permanence de quelques milliers de mouches. Nous pouvons donner une idée de ce rendement en donnant les résultats d'une année complète d'élevage, du 1er septembre 1953 au 31 août 1954 : au cours de cette période 63 313 pupes ont été obtenues, soit en moyenne 87 pupes par jour et par fruit (moyenne calculée sur 365 jours, c'est-à-dire rendement pratique de l'élevage sans tenir compte des coupures dues au repos hebdomadaire et aux jours fériés). Le pourcentage d'éclosion des pupes varie, comme nous l'avons indiqué, suivant le nombre de pupes obtenues d'un même fruit ; ce pour-

centage va de 50 à 95 p. 100 et semble être en moyenne de 70 à 80 p. 100. Le nombre de 300 pupes obtenues d'un seul fruit a été à plusieurs reprises dépassé au cours de cette année d'élevage. Nous pouvons donner à titre d'exemple le relevé des nombres de pupes obtenues au cours du mois de mars 1954 ; précisons que chaque cage recevait au départ environ 150 mouches (mâles et femelles) et que lorsqu'une cage était arrêtée, les mouches restant vivantes étaient reportées dans la cage en cours.

TABLEAU VI

Nombre de pupes obtenues par jour et par fruit au cours du mois de mars 1954. — Elevage en chambre conditionnée dans des cages de type B.

N° de la cage :	62	63	64	65	66
Pontes du 1 au 2 mars	5	335			
2 — 3	265	246			
3 — 4	96	228			
4 — 5	211	302			
5 — 6	139	258			
6 — 8	24	275			
8 — 9	57	165			
9 — 10	2	130			
10 — 11		155	268		
11 — 12		97	192		
12 — 13		149	161		
13 — 15		173	205		
15 — 16		74	225		
16 — 17		58	139		
17 — 18			137	205	
18 — 19			56	98	
19 — 20			82	239	
20 — 22			95	175	
22 — 23			18	205	
23 — 25			130	220	
25 — 26			43	84	
26 — 27			51	29	
27 — 29				131	234
29 — 30				132	276
30 — 31				122	242
31 — 1				91	101

Nous avons déjà noté que la durée du développement larvaire, de l'œuf à la pupe est au maximum de 17 jours dans les conditions de l'élevage. Nous avons cependant pu noter, très exceptionnellement, des temps nettement supérieurs ; dans un cas en particulier, les dernières pupes se sont formées 27 jours après la ponte, alors que pour d'autres fruits, gardés simultanément, les dernières pupes s'étaient formées 15 jours après la ponte. La concurrence vitale de nombreuses larves dans un même fruit ne semble pas suffire à expliquer ces anomalies.

VI. — RÉSUMÉ

Le désir de poursuivre des études biologiques sur *Ceratitis capitata* nous a conduit à rechercher une méthode d'élevage permanent de cet insecte au laboratoire permettant de disposer de façon constante d'une population assez importante et homogène.

La possibilité de pontes sur banane a été obtenue par perforation de nombreux trous dans l'épicarpe de ce fruit à l'aide d'une épingle. Le développement des œufs et des larves se fait alors facilement et normalement dans la pulpe.

L'étude comparée du développement de *C. capitata* a été réalisée pour la pomme, la poire, la pêche et la banane, dans les mêmes conditions ambiantes. Cette étude a montré la supériorité de la banane en ce qui concerne la rapidité de développement, le rendement en insectes, et la commodité d'emploi. D'autre part la meilleure alimentation pour les imagos a été réalisée par des rondelles de banane suspendues dans les cages d'élevage.

Une méthode pratique d'élevage a été mise au point en utilisant la banane comme fruit d'élevage, des cages de type particulier facilitant la régularité des opérations. Un tel élevage poursuivi depuis 4 ans dans les mêmes conditions donne un rendement moyen de 87 pupes par fruit et par jour, et de 17 générations de Mouches dans l'année, à la température de 25°C.

Reçu pour publication le 31 janvier 1955

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Back (E. A.) & Pemberton (C. E.). — Banana as a Host Fruit of the Mediterranean Fruit Fly. *Jour. Agr. Res.*, **5** (17) : 793-804, 1916.

Back (E. A.) & Pemberton (C. E.). — The Mediterranean Fruit Fly. *U. S. Dept. Agr. Bull.* **640**, Wash. D. C., 43 pp. 1918.

Grison (P.), Feron (M.), & Sacantanis (K.). — Développement de la Mouche des fruits en milieu nutritif synthétique. *C. R. Acad. Sci.* **231**, p. 996-998, 1950.

Jenkins (C. F. H.). — The banana as a Host Fruit of the Mediterranean Fruit Fly. *J. Dep. Agr. W. Aust.* (2), **35** (3) : 263-264, 1948.

Mason. — Some Methods for shipping, feeding and rearing Fruit Fly parasites. *J. econ. Ent.* **27** (5) : 891-897, 1934.

Marlowe (R. H.). — An Artificial Food Medium for the Mediterranean Fruit Fly (*Ceratitis capitata* Wied) *J. Econ. Ent.* **27** (5) : 1.100, Geneva, N. Y. 1934.

Marucci (P. E.) & Clancy (D. W.). — The artificial culture of fruit flies (*Dacus dorsalis*) and their parasites (*Opius longicaudatus, O. persuclatus*). *Hawaii Ent. Soc. Proc.* (1949), **14**, (1) : 163-166, 1950.

Newell (I. M.), van den Bosch (R.) & Haramoto (F. H.). — An improved method of rearing field collected Fruit Fly larvae. *Proc. Hawaii. Ent. Soc.* **14** (2) : 297-299, 1951.

Ogilvie (L.). — Methods employed in breeding *Opius humilis* Silv. a parasit of the Mediterranean Fruit Fly. *Bull. Ent. Res.*, **18** (3) : 289-290, 1928.

Rivnay (E.), — The Mediterranean Fruit Fly in Israël *Bull. Ent. Res.*, **41** (2) : 321-341, 1950.

Ryan (F. E.). — Fruit Fly Breeding for experimental Purposes. Apparatus suitable for Breeding *Ceratitis capitata*. *Journ. Austr. Instit. Agri. Sci.*, **15** (2) 3 pp. 1949.

SACANTANIS (K.). — L'élevage permanent de *Ceratitis capitata* WIED sur banane. *C. R. Soc. Biol.* **145**, pl. 802-1.805, 1951.

SEVERIN (H. H. P.) & HARTUNG (W. J.). — Will the Mediterranean Fruit Fly (*Ceratitis capitata* W.) breed in Bananas under artificial and Field conditions? *Journ. Econ. Ent.*, **5** (6) : 443-451, 1912.

SEVERIN (H. H. P.). — Mediterranean Fruit Fly (*Ceratitis capitata*) breeds in Bananas. *Journ. Econ. Ent.*, **10** (3) : 318-321, 1917.

SHAW (J. G.) & STARR (D. F.). — Developpement of the immature stages of *Anastrepha serpentina* in relation to temperature. *Journ. Agr. Res.*, **72** (8) : 265-276, Wash. D. C. 1946.

ESSAIS TOXICOLOGIQUES DE LABORATOIRE CONTRE LA MOUCHE MÉDITERRANÉENNE DES FRUITS *CERATITIS CAPITATA* WIED. (DIPT. *TRYPETIDAE*)

PAR

R. VASSEUR et **D. SCHVESTER**

avec la collaboration technique de

H. Bianchi et **A. Burgerjon**

Laboratoire de Zoologie agricole, Saint-Genis-Laval, Rhône

PLAN DU MÉMOIRE

Les caractères biologiques de *Ceratitis capitata*, sa grande fécondité, et sa relative résistance à certains insecticides, imposent aux produits éventuellement utilisés pour la combattre, d'être doués de deux propriétés. D'une part, un bon effet de choc, afin d'éviter que les insectes même déjà intoxiqués, puissent continuer leur ponte quelque temps ; d'autre part, une persistance d'action suffisante pour éviter une fréquence trop grande des traitements, et aussi pour que, compte tenu des limitations imposées par la législation, les fruits soient cependant protégés durant la période précédant la cueillette, où ils sont en général précisément les plus vulnérables à la Mouche.

Les résultats des essais toxicologiques de laboratoire dont il est rendu compte ici, ne sont, évidemment, pas directement transposables sur le plan pratique. Ils permettent cependant de comparer les uns par rapport aux autres, un certain nombre d'insecticides, ou de mélanges d'insecticides, et de tirer d'intéressantes conclusions, à la fois sur leur efficacité comparative vis-à-vis de la Mouche des fruits, et sur leurs propriétés de choc et de rémanence.

TECHNIQUE DES ESSAIS

Les insectes soumis à ces essais proviennent d'élevages en laboratoire, sur Banane, conduits selon la technique mise au point à la Station Centrale de Zoologie Agricole de Versailles, par K. SACANTANIS (7) et M. FERON.

Tous ces essais ont été conduits en chambre climatisée, à humidité relative de 70 à 80 p. 100, à la température de 21°C (± 1,5°) pour les deux premières séries, de 25°C (± 1,5°) pour les suivantes. Il avait paru en effet utile, à la suite des premières expériences, de relever la température, afin de favoriser l'activité des insectes encore très réduite aux environs de 20-21°.

La technique générale de traitement, arrêtée après quelques tâtonnements, fut la suivante : Pulvérisation, d'une distance donnée (80 cm à 1 m) à l'aide d'un appareil à main, d'une quantité connue et constante de bouillie, soit 120 cm³, sur un nombre donné de fruits (en l'occurrence, des Poires au nombre de 8) et d'un nombre égal de rameaux feuillés ; ces derniers pouvant être remplacés, si nécessaire, par une bande de bristol plusieurs fois repliée « en accordéon ».

Après séchage, fruits et rameaux, à raison d'un de chaque, sont placés dans des bonnettes de treillage métallique à maille de 1 mm, cylindriques, mesurant environ 12 cm de diamètre et 25 cm de haut. Ils sont suspendus à une traverse placée à la partie supérieure de la bonnette, accompagnés de quelques tranches de banane qui doivent servir d'aliment aux insectes.

Deux ou quatre bonnettes sont ainsi préparées par produit testé, les fruits et les rameaux restants étant mis en réserve pour les expériences ultérieures. Vingt-quatre heures après le traitement, 20 ou 25 Mouches adultes de 4 à 8 jours d'âge, soit un total de 40 ou 50 ou 80 insectes par produit, sont lâchées dans les bonnettes. L'expérience est reprise 7 jours, 15 jours et 21 jours après le traitement, avec les fruits mis en réserve et conservés entre temps dans les mêmes conditions que les fruits en expérience.

RÉSULTATS DES ESSAIS

Il a été procédé au cours des années 1952 et 1953, à l'essai, par cette méthode, d'une trentaine de formules insecticides, en plusieurs séries. Certaines d'entre elles, tel le zeidane par exemple, ont d'ailleurs été reprises plusieurs fois, à titre de référence.

Les contrôles de mortalité étaient effectués plusieurs fois par jour, et l'on ne comptait pour morts que les insectes n'effectuant plus de mouvements.

Les principaux résultats sont donnés, en regard des formules auxquelles ils se rapportent dans les tableaux I à IV.

Les tableaux I et II sont ceux des résultats obtenus avec des formules simples à base de zeidane ou DDT, de lindane, de parathion ou de roténone.

TABLEAU I

Essais toxicologiques de laboratoire sur Ceratitis capitata
40 *mouches par essai ; température* : 21°C (± 1,5)

Produits et doses d'emploi	Teneurs en M. A. p. 100	Groupe	Temps en heures mis pour obtenir des mortalités de 25 p. 100	50 p. 100	75 p. 100	95 p. 100	Pourcentage de mortalité finale (7 jours)
Poudre mouillable à 50 p. 100 de zeidane.... dose : 0,4 p. 100	zeidane 0,2	1	24	36	60	72	95
		2	36	84	156	—	90
		3	48	120	—	—	57,5
		4	72	—	—	—	37,5
Émulsion à 60 p. 100 (huile de pétrole + 10 p. 100 zeidane)...... dose : 0,6 p. 100	huile 0,36 zeidane 0,06	1	60	72	96	—	90
		2	30	60	100	—	75
		3	—	—	—	—	20
		4	—	—	—	—	15
Poudre mouillable à 6 p. 100 de lindane.... dose : 0,4 p. 100	lindane 0,024	1	—	12	24	40	100
		2	—	—	—	—	15
Solution émulsifiable à 10 p. 100 de parathion .... dose : 0,3 p. 100	parathion 0,03	1	12	20	36	72	100
		2	36	72	120	—	82,5
		3	72	144	—	—	55
		4	120	—	—	—	32,5
Émulsion à 80 p. 100 (huile de pétrole + 3 p. 100 parathion).... dose : 1 p. 100	huile 0,8 parathion 0,03	1	12	24	48	60	100
		2	24	48	132	—	87,5
		3	48	120	—	—	72,5
		4	144	—	—	—	25
Témoins sans traitement		1					0
		2					5
		3					5
		4					2,5

Groupe 1 = Insectes mis en expérience 24 heures après traitement.
— 2 = Insectes mis en expérience 7 jours après traitement.
— 3 = Insectes mis en expérience 14 jours après traitement.
— 4 = Insectes mis en expérience 21 jours après traitement.

Le tableau III rend compte des essais effectués avec des formules mixtes à base de zeidane et de lindane, comparées à chacun de leurs composants à la même dose de matière active que dans ces mélanges d'une part, aux doses usuelles d'autre part. Lors de cette série, il avait été également procédé aux essais de quatre formules différentes à base de lindane en solution émulsifiable, soit une formule commerciale, deux formules expérimentales où le lindane se trouvait associé à des synergistes, une formule expérimentale, sans synergiste. Les résultats de ces quatre formules ayant été presque rigoureusement identiques, nous ne rendons compte que de ceux obtenus avec la première d'entre elles.

Tableau II

Essais toxicologiques de laboratoire contre Ceratitis capitata
2e série 80 Mouches par essai ; température 21°C (± 1,5)

Produits et doses d'emploi	Teneurs en M. A. p. 100	Groupe	Temps en heures mis pour obtenir des mortalités de : 25 p. 100	50 p. 100	75 p. 100	95 p. 100	Pourcentage de mortalité finale (7 jours)
Poudre mouillable à 50 p. 100 de zeidane. dose : 0,4 p. 100	zeidane 0,2	1	6	15	24	72	99
		2	6	15	30	72	99
		3	12	30	72		88,5
		4	15	48	108		84
Émulsion à 60 p. 100 (huile de pétrole + 10 p. 100 de zeidane) dose : 1 p. 100	huile 0,6 zeidane 0,1	1	15	60	84	108	97,5
		2	12	24	120		75
		3	84				48
		4					22,5
Poudre mouillable à 5 p. 100 de roténone. dose : 0,4 p. 100	roténone 0,02	1	40	60	90	108	95
		2	36	84	108		78
		3	60	120			62,5
		4	40	90			65
Témoins sans traitement		1					10
		2					20
		3					20
		4					20

Tableau III

Essais toxicologiques de laboratoire contre Ceratitis capitata
3e série 50 mouches par essai ; température 25°C (± 1,5)

Produits et doses d'emploi	Teneurs en M. A. p. 100	Groupe	Temps en heures mis pour obtenir des mortalités de : 25 p. 100	50 p. 100	75 p. 100	95 p. 100	Pourcentage de mortalité finale (7 jours)
Solution émulsifiable à 12 p. 100 de lindane dose : 0,1 p. 100	lindane 0,012	1	18	24	48	—	80 (1)
		2	132	—	—	—	30
		3		non essayé			—
Solution émulsifiable à 3,5 p. 100 de lindane + 20 p. 100 de zeidane dose : 0,35 p. 100	lindane 0,012 zeidane 0,07	1	12	24	48	—	86 (1)
		2	132	—	—	—	30
		3		non essayé			—
Poudre mouillable à 5,5 p. 100 de lindane + 30 p. 100 de zeidane. dose : 0,3 p. 100	lindane 0,016 zeidane 0,09	1	—	—	12	20	100 (1)
		2	84	132	—	—	55
		3	108	—	—	—	40
Poudre mouillable à 50 p. 100 de zeidane ... dose : 0,18 p. 100	zeidane 0,09	1	12	24	48	—	92 (1)
		2	132	—	—	—	30
		3		non essayé			—
Poudre mouillable à 50 p. 100 de zeidane... dose : 0,4 p. 100	zeidane 0,2	1	18	24	60	—	80 (1)
		2	132	—	—	—	30
		3	108	—	—	—	46
Poudre mouillable à 6 p. 100 de lindane ...... dose : 0,275 p. 100	lindane 0,016	1	—	—	—	12	100 (1)
		2	132	—	—	—	28
		3		non essayé			—
Poudre mouillable à 6 p. 100 de lindane....... dose : 0,4 p. 100	lindane 0,024	1	—	—	—	12	100 (1)
		2	36	48	—	—	70
		3	—	—	—	—	16
Témoins sans traitements		1	24	36	—	—	74 (1)
		2	—	—	—	—	16
		3	—	—	—	—	4

(1) En raison des erreurs dues à l'action gazeuse du lindane (voir texte) ce groupe a été arrêté 3 jours après le début de l'expérience.

Au tableau IV enfin, sont donnés les résultats enregistrés avec des formules mixtes à base de zeidane et d'esters phosphoriques : le parathion ou SNP (thiophosphate de diéthyle et de paranitrophényle) d'une part, le diazinon (thiophosphate de diéthyle et d'isopropylméthylpyrimidyle) d'autre part. Ces mélanges sont également comparés, selon le même schéma que pour les essais de la 3e série, à chacun de leurs composants [1].

Afin de ne pas alourdir outre mesure ces tableaux, nous n'y avons pas, sauf pour les deux premières séries, rendu compte des essais sur l'action résiduelle des produits au-delà de 14 jours après le traitement ; en effet, la plupart des produits essayés ont alors perdu la presque totalité de leur efficacité et ces résultats n'offrent donc que peu d'intérêt.

TABLEAU IV

Essais toxicologiques de laboratoire contre Ceratitis capitata
4e série 50 mouches par essai ; température 25°C (± 1,5).

Produits et doses d'emploi	Teneurs en M. A. p. 100	Groupe	Temps en heures mis pour obtenir des mortalités de : 25 p. 100	50 p. 100	75 p. 100	95 p. 100	Pourcentage de mortalité finale (7 jours)
Poudre mouillable à 20 p. cent de diazinon .. dose : 0,1 p. 100	diazinon 0,02	1	84	96	—	—	54
		2	—	—	—	—	12
		3		non essayé			—
Poudre mouillable à 20 p. cent de diazinon .. dose : 0,15 p. 100	diazinon 0,03	1	72	84	120	—	80
		2	—	—	—	—	16
		3		non essayé			—
Poudre mouillable à 3 p. cent de parathion.... dose : 6,6 p. 100	parathion 0,02	1	6	12	24	—	94
		2	36	72	108	—	78
		3	96	—	—	—	44
Poudre mouillable à 3 p. cent de parathion.... dose : 10 p. 100	parathion 0,03	1	2	12	24	72	98
		2	12	24	60	—	92
		3	96	—	—	—	44
Émulsion à 80 p. cent d'huile de pétrole + 3 p. cent parathion... dose : 1 p. 100	huile 0,8 parathion 0,03	1	12	30	60	—	94
		2	36	72	—	—	78
		3	96	120	—	—	58
Poudre mouillable à 25 p. cent zeidane + 5 p. cent de parathion.. dose : 0,4 p. 100	zeidane 0,1 parathion 0,02	1	10	24	48	96	100
		2	48	72	144	—	76
		3	120	—	—	—	42
Poudre mouillable à 25 p. cent zeidane + 5 p. cent de diazinon .. dose : 0,4 p. 100	zeidane 0,1 diazinon 0,02	1	72	84	—	—	68
		2	120	—	—	—	30
		3	—	—	—	—	4
Poudre mouillable à 50 p. cent de zeidane ... dose : 0,2 p. 100	zeidane 0,1	1	36	60	84	96	98
		2	84	—	—	—	48
		3	120	—	—	—	30
Témoins sans traitement		1					10
		2					8
		3					6

(1) Il avait paru en effet intéressant *a priori* de tester le diazinon, dont la gamme d'action est sensiblement celle du parathion, et qui avait donné, en Suisse, des résultats intéressants contre la Mouche des cerises *Rhagoletis cerasi*, mais, il est vrai, surtout par son action « en profondeur » sur les larves (5).

Le tableau V rend compte d'une expérience différant quelque peu des séries précédentes en ce que nous avons cherché, là, à examiner la protection réelle conférée à des fruits, par certains insecticides. Les fruits, ici des Pêches, traités comme précédemment, ont été dans ce cas introduits dans des cages avec un grand nombre de Mouches, et y ont été maintenus pendant 48 heures. Ils étaient ensuite placés en étuve à 25°, et, au bout d'une dizaine de jours, leur état d'infestation était examiné, par dénombrement des insectes à divers stades que l'on pouvait y trouver. Cette dernière expérience porte sur quatre fruits par insecticide dont deux étaient placés dans les cages d'infestation 24 heures après traitement les deux autres 6 jours après.

TABLEAU V

Protection conférée aux fruits par les traitements
(2 Pêches par insecticide essayé)

Produits et doses en M.A.	Nombre d'individus de *Ceratitis* obtenus des fruits, après contamination pendant 48 heures	
	Fruits traités 24 h avant contamination	Fruits traités 6 jours avant contamination
Roténone (Poudre mouillable). M.A. : 0,02 p. 100	279 pupes	
Zeidane (Poudre mouillable). M.A. : 0,2 p. 100	128 pupes	36 pupes + 1 larve + 10 larves mortes)
Parathion (Solution émulsifiable). M.A. : 0,03 p. 100	0	3 larves mortes
Oléoparathion : M.A.Huile : 0,8 p. 100 ; Parathion : 0,03 p. 100	12 pupes	6 pupes + 1 larve (+ 10 larves mortes)
Témoin non traité	193 pupes	56 pupes

L'action de protection des produits à base de parathion apparaît très nettement.

DISCUSSION DES RÉSULTATS

D'une façon générale, et comme il est normal, on constate que dans, les conditions de l'expérience, la plupart des formules essayées perdent de leur efficacité à mesure que s'accroît le délai entre le traitement, et la mise en présence des Mouches avec les fruits traités.

Nous examinerons et discuterons successivement les résultats obtenus avec chaque catégorie de produits.

Le lindane. — Aux doses qui ont été utilisées dans ces expériences de l'ordre de 0,024 p. 100 de matière active, les poudres mouillables à

base de lindane sont douées d'une action de choc considérable. Les tableaux ne rendent compte que de la mortalité effective réelle des insectes ; mais si l'on tient compte des Mouches intoxiquées, encore vivantes mais hors d'état de nuire, on a une expression plus éloquente encore de cette action de choc. Pour les diverses poudres mouillables à base de lindane, 50 à 60 p. 100 des insectes sont déjà tombés au bout de 4 heures seulement.

Sous forme d'émulsion, le lindane eut beaucoup moins d'efficacité : les doses de matière active mises en œuvre dans ces expériences sont sans doute trop faibles.

Au bout de quelques jours déjà, le lindane a perdu presque toute son efficacité ; la mortalité ne dépasse guère 30 p. 100 au bout de six jours de contact, pour des insectes mis en expérience 7 jours après traitement.

Mais nous voulons attirer l'attention sur la mortalité anormalement élevée du témoin du groupe I (insectes mis en expérience 24 heures après traitement) dans la troisième série. Nous avons déterminé que cette forte mortalité était attribuable à l'action gazeuse du lindane. En effet, ayant constaté ce phénomène, nous avons constitué de nouveaux lots de Mouches, placés dans des bonnettes, comme les précédents, mais en présence de fruits non traités. L'un de ces lots fut placé dans la pièce servant aux essais, au voisinage immédiat des bonnettes renfermant les fruits traités au lindane ; un second fut placé dans la même pièce, mais à l'extrémité opposée, à 3 m environ du premier ; le troisième et dernier, réservé comme témoin, fut placé dans une étuve, dans des conditions de température et d'humidité relative semblables à celles de la pièce d'essais. Au bout de 48 heures, la mortalité était de 95 p. 100 dans le premier de ces lots, de 30 p. 100 dans le second, 2 p. 100 dans le troisième ; au sixième jour, la mortalité du second lot était passée à 50 p. 100, celle du témoin n'atteignait que 8 p. 100 (voir fig. 1).

Les résultats de ce groupe d'essais se trouvent donc entachés d'erreur. Il en est cependant rendu compte, car, en dépit de cet incident, les données obtenues permettent au moins, comme nous l'avons vu, la comparaison des diverses formules à base de lindane ; l'infériorité des résultats obtenus ici avec les solutions émulsifiables, reste notamment valable.

Nous voulons également insister sur la remarque suivante : cette erreur, due à l'action gazeuse du lindane, a été provoquée par une dose totale de produit, minime, de l'ordre, tout au plus, de quelques décigrammes, dans un local assez spacieux, de 30 m^3 environ. Si des essais effectués dans ces conditions peuvent se trouver ainsi entachés, il doit en être de même *a fortiori* pour des expériences effectuées en vase clos avec ce produit. Les essais de laboratoire, comparatifs ou non, effectués avec le lindane, doivent par suite, être interprétés avec la plus grande

prudence, et, en particulier, ne pas faire l'objet d'extrapolations trop hâtives.

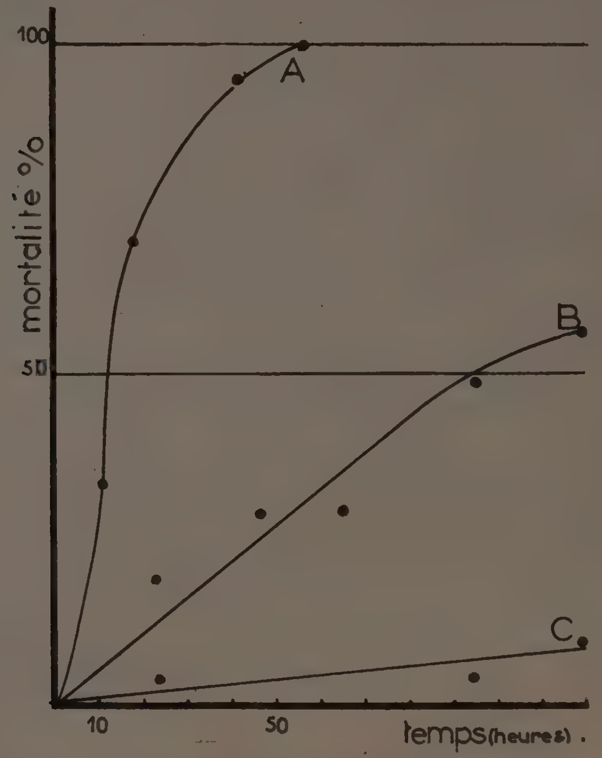


FIG. 1. — Action gazeuse du lindane.

Mortalité de Mouches des fruits sur fruits non traités mais placés : *Courbe A* : A côté de bonnettes renfermant des fruits traités au lindane (Poudre mouillable. M. A. 0,024 p.100). *Courbe B* : A une distance de 3 mètres de ces bonnettes, dans le même local. — *Courbe C* : A l'étuve, dans des conditions de température et d'hygrométrie identiques. (Témoin.)

Le zeidane. — Ce produit figure parmi les plus persistants. Il est cependant à noter que dans les diverses expériences où il a été testé, il a fait preuve d'une assez grande variabilité d'action.

Plusieurs facteurs peuvent, indépendamment de la dose d'emploi, être invoqués pour expliquer ces phénomènes. Il semble notamment qu'à la température de 25°, il se soit montré sensiblement moins persistant qu'à 21°. W. EBELING (2) a démontré par ailleurs, l'influence du sexe : les Mouches femelles sont sensiblement plus résistantes que les mâles, et celle de l'âge : les Mouches de 4-5 jours, sont relativement plus résistantes que les insectes de 8 jours. La plus ou moins grande sensibilité aux insecticides serait d'ailleurs fondamentalement liée, d'après cet auteur, au degré d'activité des Mouches, et il se trouve malheureusement

que *C. capitata* est une des moins actives parmi les Trypétides s'attaquant aux cultures fruitières.

Il faut cependant admettre que, malgré une persistance d'action assez prononcée, l'efficacité finale des résidus de zeidane le septième jour après le traitement, a été, ici, insuffisante. D'autre part, les expériences dont il a été rendu compte au tableau V démontrent que le zeidane, étant donné sans doute son peu de rapidité d'action, n'a pas empêché effectivement les Mouches de pondre sur les fruits traités.

En dépit de ces inconvénients, et d'après ce que l'on sait déjà des applications pratiques qui ont été tentées, il semble bien que le zeidane puisse être considéré comme l'un des insecticides les plus efficaces contre la Mouche des fruits, et qu'une part de cette efficacité pourrait être attribuée à une certaine action répulsive qu'il exercerait sur l'insecte (1-4-6). La grande irrégularité des résultats obtenus dans la pratique n'a toutefois pas encore été expliquée, et la recommandation des applications de ce produit ne peut être faite qu'avec beaucoup de réserves.

Remarquons enfin que l'adjonction d'huile de pétrole ne semble pas, du moins dans les conditions de l'expérience, avoir conféré au zeidane de propriétés supplémentaires intéressantes (cf. Tableaux I et II).

Le parathion. — Le parathion est doué d'une action de choc presque aussi brutale que celle du lindane. Dans nos expériences, il a fait preuve également d'une persistance remarquable, variable d'ailleurs selon la forme sous laquelle il a été expérimenté. La formule la plus persistante a été la poudre mouillable, dont la rémanence est au moins de l'ordre de celle du zeidane ; sous forme d'oléoparathion, la persistance du produit est un peu moindre, et un peu plus faible encore sous forme de solution émulsifiable.

D'autre part, les expériences du tableau V montrent que le parathion, au moins dans les premiers jours qui ont suivi le traitement, a conféré aux fruits une protection réelle contre les infestations par la Mouche, et que, ultérieurement, il semble même capable, par action « en profondeur » de tuer les larves de Mouche à l'intérieur même du fruit.

Il faut cependant considérer que le parathion, étant très toxique pour l'Homme, son emploi est interdit dans les quinze jours qui précèdent la récolte, et que de ce fait, les avantages qu'il pourrait présenter, sont considérablement restreints, d'autant plus que, dans les conditions de la nature, sa persistance est notablement moindre, les pluies notamment, lui faisant perdre très rapidement son efficacité (EBELING et AA.,3).

Le diazinon. — Aux doses qui ont été utilisées, qui sont les mêmes que celles mises en œuvre pour le parathion, le diazinon n'a eu qu'une faible efficacité contre la Mouche des fruits. On peut considérer qu'il est pratiquement inefficace sur les adultes de cet insecte.

La roténone. — Ce produit était intéressant à essayer, car sa parfaite innocuité pour l'Homme aurait permis, le cas échéant, des traitements à des dates très rapprochées de la récolte. Son efficacité est malheureusement faible.

Formules mixtes. — Conçues dans le but d'allier l'action de choc de certaines matières actives telles le parathion et le lindane, à la persistance d'autres, le zeidane en général, les formules mixtes se sont dans l'ensemble révélées comme assez décevantes. En effet, si elles peuvent donner des résultats intéressants dans la lutte contre d'autres insectes, en permettant notamment d'espacer les applications et par là, d'en restreindre le nombre, il ne paraît pas en être de même pour la Mouche des fruits.

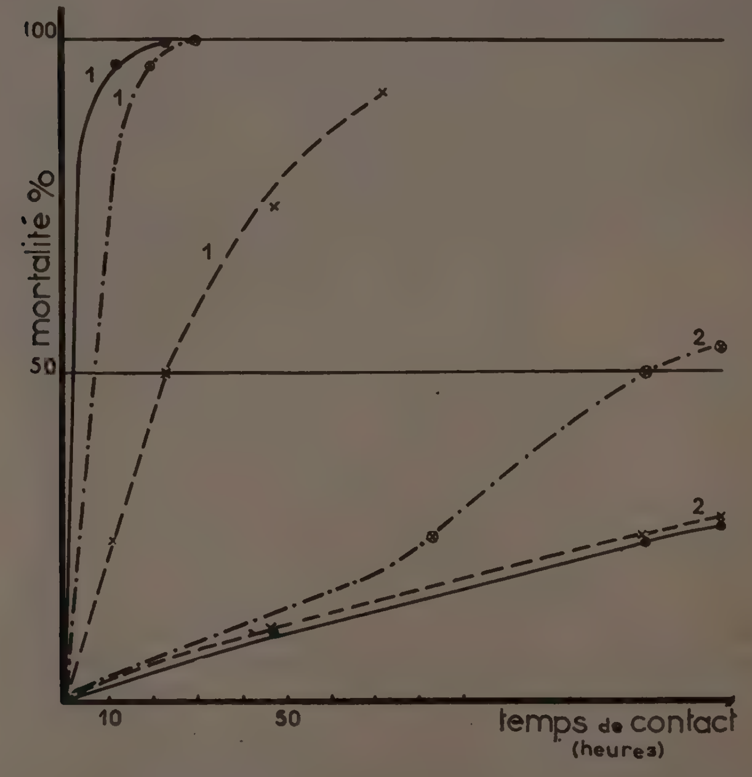


FIG. 2. — Comparaison d'un produit mixte lindane + zeidane à ses composants utilisés seuls. — *Trait plein* : Action du lindane seul (Poudre mouillable M.A. 0,016 p. 100). — *Trait tireté* : Action du zeidane seul (Poudre mouillable M.A. 0,09 p. 100). — *Trait tireté-pointillé* : Action du produit mixte (Poudre mouillable M.A. 0,016 p. 100 lindane + 0,09 p. 100 zeidane). — Les courbes 1 et 2 figurent cette action sur des insectes mis en contact avec les fruits traités respectivement 24 heures et 7 jours après le traitement.

Les produits à base de lindane additionné au zeidane par exemple, n'ont pas, dans l'ensemble, manifesté des propriétés supérieures à celles de chacun de leurs composants utilisés seuls : 24 heures après traitement, ils sont doués de l'action de choc du lindane qu'ils renferment ; mais, comme il était prévisible, déjà 7 jours après, cette action de choc ayant disparu, le lindane s'étant en grande partie volatilisé, ils n'ont guère plus que l'efficacité résiduelle de leur teneur en zeidane, efficacité déjà affaiblie par rapport à l'efficacité immédiate (fig. 2).

Un tel traitement revient donc à faire succéder à une action rapide mais fugace, une action lente, mais déjà fortement diminuée donc généralement inefficace, surtout si une réinfestation en provenance de l'extérieur de la zone traitée, est en permanence possible.

Il en est à peu près de même de la formule zeidane + parathion, dont

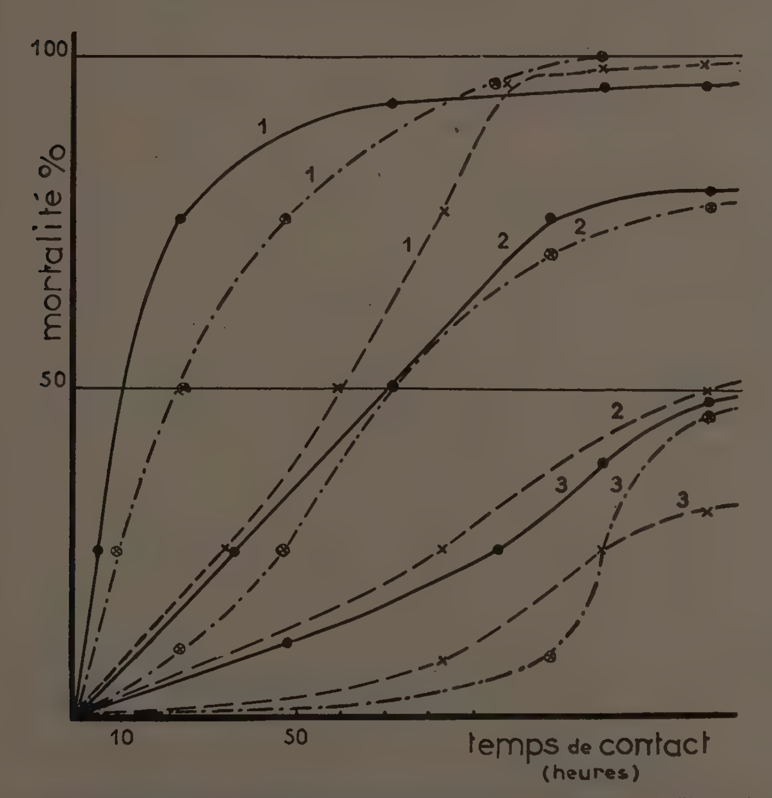


FIG. 3. — Comparaison d'un produit mixte parathion + zeidane à ses composants utilisés seuls. — *Trait plein* : Action du parathion seul (Poudre mouillable M.A. 0,02 p. 100). — *Trait tireté* : Action du zeidane seul (Poudre mouillable M.A. 0,1 p. 100). — *Trait tireté-pointillé* : Action du produit mixte (Poudre mouillable M.A. 0,02 p. 100 parathion + 0,1 p. 100 zeidane). Les courbes 1, 2 et 3 figurent cette action sur des insectes mis en contact avec les fruits traités, respectivement 24 heures, 7 jours et 14 jours après le traitement.

l'action de choc paraîtrait même sensiblement inférieure à celle de sa dose de parathion utilisée seule (fig. 3).

Quant à la formule zeidane + diazinon, pour une raison inexpliquée, elle eut une efficacité à peine supérieure à la dose de diazinon qu'elle contenait, et en tout cas, nettement inférieure à celle du zeidane utilisé seul à la même dose.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Des expériences toxicologiques de laboratoire sur images de *Ceratitis capitata* Wied, conduites selon une technique dont la description est donnée dans le texte, ont fourni les principaux résultats suivants :

1° Le zeidane à la dose de 0,2 p. 100 de matière active est doué d'une persistance d'action de l'ordre de quinze jours à trois semaines au moins. Mais son effet est lent, son efficacité va en décroissant et ne paraît pas protéger effectivement les fruits contre des infestations massives. L'efficacité finale est en tout cas nettement insuffisante 15 jours après le traitement.

2° L'action de choc du lindane est considérable ; mais, en laboratoire, une grande part de l'efficacité doit être attribuée à l'action gazeuse du produit. Pratiquement, presque toute efficacité est perdue dès 7 jours après traitement.

3° Le parathion, utilisé en poudre mouillable, à la dose de 0,03 p.100 de matière active a donné en laboratoire les meilleurs résultats ; son effet de choc se double d'une bonne persistance. Toutefois, il semble qu'il n'en soit pas de même dans les conditions naturelles. Sous forme de solution émulsifiable, ou associé à l'huile, les résultats du parathion ont été légèrement inférieurs.

4° Le diazinon et la roténone n'ont pas une efficacité suffisante contre les adultes de Mouche des fruits.

5° D'une façon générale, les formules mixtes n'ont pas montré d'avantages appréciables par rapport à leurs composants utilisés seuls.

Reçu pour publication le 1er juillet 1954.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) Delmas (H. G.). — Essai de lutte chimique contre *Ceratitis capitata* Wied. *C. R. Acad. Agr. Fr.*, XXXIX, n° 7, 394-397, Paris, 1953.

(2) Ebeling (W.). — Laboratory experiments ont the control of three species of fruit flies (*Tephritidae*). *Hilgardia*, XXI, n° 17, 515-561, Berkeley Calif. 1953.

(3) Ebeling (W.), Nishida (T.) et Bess (H. A.). — Field experiments on the control of the melon fly *Dacus cucurbitae*. *Ibid.*, 563-591.

(4) FREZAL (P.). — État actuel de la lutte contre la Cératite. *Rapport général du Congrès Pomologique de France, 83e session*, 49-80, 1952.

(5) HAFLIGER (E.). — Neue Beiträge zur Bekämpfung der Kirschenfliege (*Rhagoletis cerasi L.*) *Zeitschr. f. Pflzkrkht. u. Pflzsch.*, LX, n° 5, 246-260, Stuttgart 1953.

(6) MARTIN (H.) et ALIBERT (H.). — Observations sur *Ceratitis capitata* et résultats obtenus sur agrumes dans la lutte contre cet insecte. *C. R. Acad. Agr. Fr.*, XXXVII, n° 3, 129-131, Paris, 1951.

(7) SACANTANIS (K.). — L'élevage permanent de *Ceratitis capitata* sur banane. *C. R. Soc. Biol.*, CXLV, 23-24, 1803-1805, Paris, 1952.

ÉTUDES SUR LES TRAITEMENTS PAR BROUILLARDS INSECTICIDES EN FORÊT

PAR

E. BILIOTTI, F. CHARMET et P. GRISON

Station centrale de Zoologie agricole et Laboratoire de Phytopharmacie, Versailles

---

PLAN DU MÉMOIRE

I. — Introduction.

II. — Caractères des pullulations de Processionnaires et autres Chenilles défoliatrices en France métropolitaine :

1° Cas de la Processionnaire du Chêne ;
2° Cas de la Processionnaire du Pin ;
3° Cas d'autres défoliatrices ;
4° Etude des complexes biocénotiques.

III. — Détermination des périodes d'intervention chimique :

1° Sensibilité des chenilles en fonction du stade larvaire ;
2° Ethologie du ravageur ;
3° Respect des auxiliaires naturels.

IV. — Conditions techniques de l'application :

1° Climatologie de la forêt ;
2° Nature du produit insecticide ;
3° Distribution du produit ;
4° Technique d'application ;
5° Méthodes biologiques de contrôle de l'efficacité du traitement ;
6° Élevage des insectes utilisés dans les contrôles.

V. — Méthode d'expérimentation en forêt d'un traitement insecticide :

1° Mise au point d'une méthode expérimentale :
- *a*) Émission de brouillards insecticides avec le procédé Saint-Gobain ;
- *b*) Analyse des résultats.

2° Expérimentation pratique avec le nébulisateur TIFA :
- *a*) Étude de la mortalité en fonction de la dose d'emploi ;
- *b*) Étude de la mortalité en fonction de la répartition du brouillard.

VI. — Considérations biologiques et faunistiques :

1° Conséquences sur les parasites et prédateurs du ravageur à combattre ;
2° Conséquences sur l'ensemble de la faune :

a) Procédés d'échantillonnage de la faune vivante : traitements insecticides, échantillonnage à l'aide de divers pièges ;
b) Analyse critique des mortalités.

VII. — Discussion et Conclusions.

1° Intérêt et valeur de la méthode expérimentale proposée ;
2° Caractères essentiels d'une application en forêt.

I. — INTRODUCTION

Toutes nos forêts subissent périodiquement les déprédations d'Insectes phytophages parmi lesquels les pullulations de certaines espèces de Lépidoptères sont spécialement redoutées. En Europe méridionale, et notamment en Yougoslavie, les gradations (¹) de *Lymantria dispar* L., ont été très graves ces dernières années et ont fait l'objet de travaux importants (KOVACEVIC et al. 1949 (45)). Les suberaies corses ont eu particulièrement à souffrir de cette espèce entre 1951 et 1954. Au Portugal, c'est *Malacosoma neustria* L. qui s'est attaqué aux importants peuplements de chênes-lièges de ce pays (VALENTE, 1954 (66)). Ailleurs, en de nombreuses régions et notamment en Italie, dans les Apennins, ce sont les méfaits de la Processionnaire du Pin, *Thaumaetopoea pityocampa* SCHIFF qui ont davantage retenu l'attention des forestiers (PEPE, 1951 (54)).

En France continentale, nous avons assisté, depuis une décade, à des infestations brutales, étendues et prolongées des Chenilles « Processionnaires » *Thaumaetopoea processionea* L. et *T. pityocampa* SCHIFF, dont les méfaits et les dégâts sont très connus des forestiers et craints des bûcherons et des touristes (TROUVELOT et al. 1952 (64) ; GRISON, 1952 (28) ; JOLY, 1952 (42)).

La gravité de la situation créée par des gradations particulièrement exceptionnelles par leur extension et leur persistance, a inquiété la Direction générale des Eaux et Forêts de France et nous a amenés à nous préoccuper de l'ensemble des problèmes biologiques, écologiques et phytopharmaceutiques ainsi posés, en liaison avec la Station de Recherches forestières de Nancy.

L'étude des gradations peut être faite soit d'un point de vue biocénotique et porter par exemple sur l'inventaire des facteurs biotiques de régression naturelle d'une pullulation de Chenilles, soit d'un point de vue

(¹) Nous utiliserons à plusieurs reprises le mot « Gradations ». Ce terme, créé par STELLWAG (1921)(61) et dont l'emploi a été développé notamment par SCHWERDTFEGER (1941) (57) dans ses études de dynamique des populations de défoliateurs forestiers, est utilisé couramment par les entomologistes forestiers en Allemagne ainsi que dans plusieurs autres pays (Suisse-Yougoslavie). Nous entendrons ici par gradation, les multiplications massives au-dessus du niveau normal de population (progradation) suivies d'une décroissance plus ou moins brutale au-dessous de celui-ci (rétrogradation) ; les crises successives étant séparées par des périodes de latence plus ou moins longues.

dynamique et se rapporter surtout à l'évaluation des fluctuations de la population annuelle par des méthodes statistiques.

De ce dernier point de vue, nous trouvons des renseignements intéressants sur les gradations de *Lymantria monacha* L. dans les rapports allemands (WELLENSTEIN, 1942 (71)) et sur celles de *L. dispar* dans les rapports yougoslaves (déjà cités). Les études en cours sur la Tordeuse du Mélèze, *Eucosma griseana* HUBN, en Engadine (Suisse), mettent en œuvre des moyens d'investigation considérables grâce auxquels une contribution précieuse sera apportée à la Biocénologie (KAELIN et AUER, 1954 (44)). Par des enquêtes extensives et permanentes, certains services forestiers établissent une surveillance méthodique des déprédateurs et recueillent ainsi d'utiles informations sur la fluctuation des populations de quelques espèces (GENEST, 1941 (24)), (BADOUX, 1952 (4)).

En France, sans atteindre cette précision, les enquêtes entreprises sous le contrôle de la Station de recherches forestières de Nancy, ont permis de connaître l'état de certaines infestations et, en ce qui concerne la Chenille Processionnaire du Chêne, elles ont été le point de départ des observations écologiques faites et suivies chaque année en quelques localités d'Ile-de-France par la Station Centrale de Zoologie agricole de Versailles [1] ; le bilan détaillé de ces observations sera dressé ultérieurement.

Cependant, dans le cadre de ces études, une large part de notre activité a été consacrée à préciser les conditions d'une intervention chimique et à étudier les conséquences de celle-ci sur la faune entomophage. En outre, le Laboratoire de Phytopharmacie de l'I. N. R. A. a apporté sa contribution dans la mise au point des méthodes d'appréciation de l'efficacité des traitements en forêt.

II. — CARACTÈRES DES PULLULATIONS DE PROCESSIONNAIRES ET AUTRES CHENILLES DÉFOLIATRICES EN FRANCE MÉTROPOLITAINE

Pour situer le cadre et les raisons des études développées dans le présent mémoire, il est utile de résumer les principaux faits écologiques recueillis sur les Chenilles Processionnaires ces dernières années. Nous envisagerons occasionnellement les cas de *Lymantria dispar* L. et de *Malacosoma neustria* L. Au reste, si ces dernières espèces ont présenté des gradations typiques et homogènes, dans tout l'ensemble du bassin méditerranéen, les pullulations des Processionnaires s'en distinguent par leur caractère semi-permanent et discontinu puisque chaque année, en ce qui concerne *T. processionea* dans la région parisienne, il y a toujours eu

[1] Nous remercions particulièrement MM. SILVESTRE de SACY et BENARD, du concours précieux et constant qu'ils nous ont apporté dans l'exécution de notre tâche.

quelque localité ou quelque secteur d'un peuplement de chênes en gradation maximum ; les régressions totales ont d'ailleurs été peu fréquentes.

Il semble qu'il en soit de même pour la Processionnaire du Pin dont les infestations latentes se traduisent par des « niveaux de population » de chenilles qui ne sont jamais tout à fait négligeables.

1° Cas de la Processionnaire du Chêne

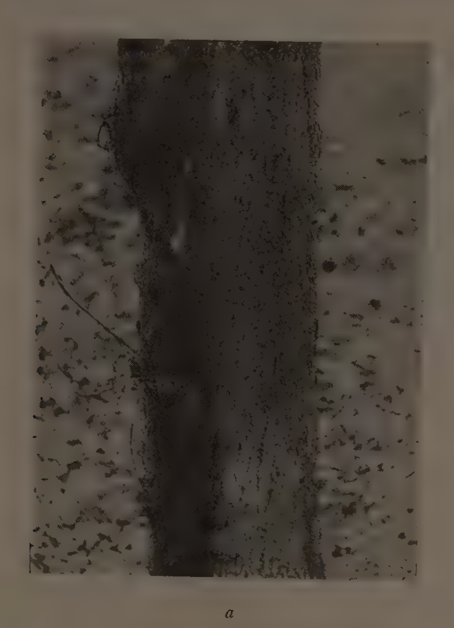
Pour *Th. processionea*, nous avons délimité les zones d'infestation dans les principaux massifs forestiers de la région parisienne. Elles sont très dispersées dans la vallée moyenne de la Seine et dans les basses vallées de l'Oise et de l'Aisne. Les années de gradation ne sont pas exactement les mêmes dans les différents secteurs (Moisson, Nantes, Verneuil-sur-Seine, Chantilly, Pont-Sainte-Maxence, Compiègne) mais la période de régression, depuis dix ans, est très courte et immédiatement suivie d'une « progradation » de grande amplitude pendant trois à quatre ans.

L'une de nos préoccupations a été de prévoir l'intervention chimique en période de progradation à la fois pour protéger utilement les arbres et pour nuire le moins possible à la faune entomophage du complexe biotique.

L'établissement d'un pronostic d'infestation et d'une prévision de traitement en fonction du degré de pullulation peut être fait assez facilement au moment du tissage des nids de nymphose, très visibles alors, même lorsque les nids sont rares et de petit volume ; c'est-à-dire au mois de juillet de l'année précédant le traitement éventuel, par le dénombrement statistique des arbres portant des nids et par l'évaluation du nombre et du volume des nids par arbre (TROUVELOT et al., 1952 (65)).

Ainsi, en forêt d'Ermenonville avant 1951 quelques arbres seulement portaient à leur sommet de petits nids isolés plus ou moins visibles ; en 1951, on observait facilement à la partie inférieure de leurs branches maîtresses, un ou plusieurs nids de faible importance ; puis en 1952, les nids ont été nombreux, très volumineux, souvent placés à la base des troncs en raison de la surface considérable qu'ils occupent sur l'écorce (fig. 1*a*, 1*b*) et l'on a même assisté à la migration des chenilles du dernier stade sur d'autres essences (Hêtre, Bouleau, Châtaignier) pour y constituer des rassemblements à la suite de la défeuillaison totale des Chênes : l'intervention chimique aurait dû avoir lieu au printemps de l'année précédente. En 1953, l'infestation était encore très forte (nous avons dénombré 27 nids dans un seul Ch êne), mais la défeuillaison ne fut pas complète.

Dans un secteur voisin de Pont-Sainte-Maxence, nous avons essayé d'évaluer le degré des infestations par la capture, au mois d'août, des papillons au piège lumineux, type Williams équipé d'une lampe Mazda-



a



b

Fig. 1. — *a*) Nid de nymphose de Processionnaire du chêne à la base d'un tronc. Remarquer la ponte de *Lymantria dispar* déposée sur le tissage supérieur du nid. — *b*) Débris d'ancien nid de Processionnaire du chêne à la base d'un tronc.

mixa de 250 watts. Une analyse statistique des nombres d'insectes capturés est nécessaire pour éliminer, entre les années, l'action des facteurs climatiques ; à titre d'exemple disons seulement qu'en 1951, année de la gradation, 16.000 papillons, dont 90 p. 100 de mâles, ont été recueillis en un seul point par ce moyen.

2° Cas de la Processionnaire du Pin

Pour *Th. Pityocampa*, la méthode basée sur le dénombrement des nids est également utilisable, elle s'applique cette fois aux nids d'hiver, ou « bourses », placés généralement dans les parties supérieures des Pins, et l'évaluation doit en être faite en janvier-février.



Fig. 2. — Dégâts de Processionnaires du Pin dans un jeune peuplement des Landes de Gascogne.

Il y a quelques années, la forêt landaise était dévastée, sur de grandes étendues, par la Chenille Processionnaire du Pin et les arbres étaient « roussis » comme s'ils avaient été léchés par l'incendie (fig. 2). Les régions littorales du Languedoc ont été également très atteintes par la Processionnaire mais la gradation y est généralement plus brève que sur les pentes des Cévennes, du Mont Ventoux ou des régions varoises, où elle

présente un caractère quasi-permanent dans les peuplements artificiels de *Pinus sylvestris* (BALACHOWSKY, 1941 (5)).

Lorsque les infestations évoluent de façon différente suivant les régions, nous attribuons ces modifications à l'action des facteurs du milieu, non seulement sur le ravageur (phénomènes de coïncidence décrits par THALENHORST, 1952 (62), ou autres processus), mais surtout sur le maintien et la prolifération des insectes entomophages. Ceux-ci sont probablement beaucoup plus sensibles aux variations climatiques que le Lépidoptère lui-même, et cette hypothèse devrait être vérifiée par la répétition des observations et la détermination des exigences bioclimatiques de chaque espèce.

Cependant, nous avons indiqué (BILIOTTI et al., 1953 (12)) de grandes variations du cycle évolutif de *Th. pityocampa* selon l'origine géographique ; nous pensons que, par sélection naturelle, il s'est constitué des races écologiques ou « écotypes » qui se distinguent entre elles par une diapause nymphale de plus ou moins longue durée. Nous expliquons ainsi, comme l'a également observé ANDROIC (1950 (1)), comment les dates d'éclosion des Chenilles Processionnaires du Pin varient considérablement d'une région à une autre : début août sur le littoral atlantique (Landes, Morbihan) mi- ou fin septembre sur le littoral méditerranéen (Montpellier, Toulon) [1].

Ce phénomène mérite d'être souligné car il est à l'origine de quelques confusions dans les traités d'Entomologie forestière. En outre, il doit être précisé dans chaque zone de peuplement pour prévoir le traitement au moment opportun. Les autres caractères du cycle évolutif des Chenilles Processionnaires ne sont pas rappelés ici [2].

Un autre phénomène important a été indiqué par l'un de nous (BILIOTTI, 1953 (11)) : un arrêt de développement prolongé pendant un an peut se produire, au stade nymphal, dans une partie seulement de la population des deux espèces de Processionnaires. Il peut en résulter alors un deuxième maximum de gradation « déphasé » d'une année, retour de gradation d'autant plus redoutable que la prolifération des parasites aura pu être freinée pendant cette latence accidentelle. Les conséquences biocénotiques de ce phénomène sont encore mal précisées et font l'objet de recherches en cours.

3° Cas d'autres chenilles défoliatrices

Nous ne considérerons pas le cas de la Tordeuse verte, *Tortrix viridana* L. qui abonde d'une manière cyclique dans la région parisienne (la dernière gradation est de 1952-1953) au point de provoquer des défolia-

(1) En 1954, les éclosions se sont produites à Toulon après le 10 octobre.
(2) Rappelons seulement que *Th. pityocampa* présente 5 stades larvaires, tandis que *Th. processionea* en a 6.

tions précoces et quasi-totales de nos peuplements de Chêne. Nous n'avons pas d'observations précises et suivies sur ces gradations.

Par contre, nous n'avons jamais négligé les cas d'association des Processionnaires et de *Lymantria dispar* L. en raison de leur intérêt biocénotique, car plusieurs insectes parasites polyphages qui s'attaquent aux premières, peuvent également s'attaquer à la seconde espèce. Dans les secteurs de la région parisienne où nous avons rencontré *L. dispar* (toujours en faible densité), les chenilles de cette espèce ne tardaient pas à être décimées par les parasites, la concurrence entre les deux Lépidoptères s'exerçant probablement au détriment de *L. dispar*. Cette « concurrence » doit être facilitée par le processus *d'attraction interspécifique unilatérale* que nous avons décrit ailleurs (GRISON et BILIOTTI, 1952 (31)), et qui conduit les chenilles solitaires de *L. dispar* à se rassembler aux heures d'inactivité, et pour la nymphose, dans les nids de la Processionnaire du Chêne. En soulevant le feutrage supérieur de ceux-ci, on peut dénombrer les individus de la première espèce, ce qui rend commode l'appréciation relative du niveau de population lorsque les deux espèces cohabitent.

L'enquête écologique devrait être complétée par des observations dans les zones marginales plantées en vergers ou en pépinières où le Bombyx disparate, en raison de sa polyphagie, est susceptible de se réfugier comme nous l'avons constaté quelquefois.

Dans les contrées méridionales où nous avons étudié la Processionnaire du Pin, nous avons rencontré *L. dispar* en gradation ces dernières années dans les peuplements de Chêne-liège voisins des peuplements de Pin maritime dans la région d'Hossegor (Landes). De même, la Processionnaire du Pin prolifère sur les diverses espèces de *Pinus* se développant au voisinage ou dans les peuplements de Chêne-liège des régions varoises. Dans ce cas, il ne saurait y avoir concurrence du point de vue du parasitisme, mais au contraire effet complémentaire, chaque Lépidoptère pouvant jouer le rôle d'hôte intermédiaire pour des parasites « polyvoltins » tel *Compsilura concinnata* MEIG (GRISON et BILIOTTI (32), 1953).

Dans les grands peuplements de Chêne-liège des Landes, du Var et de la Corse, *L. dispar* a proliféré d'une manière intense entre les années 1951-1954 ; en Corse notamment, en 1952 et 1953, la suberaie de Porto-Vecchio, la plus importante de la France métropolitaine, était totalement dévastée sur ses 15.000 à 20.000 hectares [1]. Dans le Var, la gradation était plus atténuée en intensité et en surface : le secteur le plus envahi s'étendait entre Bormes et le col de Gratteloup.

Le contrôle de la progradation et la prévision des infestations de *L. dispar* peuvent être assez facilement effectués par l'observation et le dénombrement des pontes sur les troncs démasclés des Chênes-lièges.

[1] Du reste, en 1954, une brusque pullulation de *Calosoma sycophanta* L. fit totalement et brutalement régresser en une seule saison la gradation de *Lymantria dispar* L. dans cette région.

D'autres pays sud-européens, le Portugal, l'Espagne et la Yougoslavie, ont eu à subir les dégâts de *Malacosoma neustria* L. dans leurs peuplements de Chêne-liège, ce qui confère un intérêt économique d'une réelle importance à une espèce qui n'est plus rencontrée en France que sporadiquement dans quelques secteurs boisés, en verger ou même dans des plantations d'alignement d'Orme et de Tilleul.

Enfin, les pullulations du Bombyx Cul-brun, *Euproctis phaeorrhaea* DON que l'on rencontre surtout dans les garennes en France septentrionale et dans les maquis en France méridionale, méritent d'être étudiées séparément.

4° Étude des complexes biocénotiques

L'inventaire des parasites et l'étude de la biologie de ceux-ci, a été une des tâches essentielles de l'un de nous et elle devrait être poursuivie pendant de nombreuses années. Les résultats sont plus intéressants sur *Th. processionea* parce que les observations sont faites pendant toute l'année dans des biotopes déterminés et constants, tandis que sur la Processionnaire du Pin et les autres Bombyx, les observations sont beaucoup plus occasionnelles.

Indépendamment de nos préoccupations écologiques, nos investigations avaient pour but de définir quelques conditions de conservation de la faune utile dans le cas d'intervention chimique et de mesurer la portée des risques présentés par l'utilisation des procédés modernes de traitement (GRISON et BILIOTTI, 1951 (30)). Nous exposerons à la fin de ce mémoire, les principales constatations que nous avons faites ainsi que nos méthodes d'investigation et les résultats obtenus, mais rappelons ici que nous avons été guidés dans nos études par quelques considérations générales, telles que :

a) **La nécessité de connaître le cycle évolutif** des principales espèces habituellement rencontrées dans les circonstances définies par le lieu et l'époque des traitements envisagés ; cette connaissance implique la détermination des hôtes successifs nécessaires aux espèces plurivoltines.

C'est ainsi que la Tachinaire *Zenillia libatrix* PANZ (DOWDEN, 1934 (21)) qui apparaît à l'état adulte en mai, attaque une première série d'hôtes (parmi lesquels *Thaumaetopoea processionea* L.) permettant l'évolution rapide d'une première génération. Les nouveaux adultes apparus en août s'attaquent à d'autres Lépidoptères comme *Pigaera pigra* HBN ou *Melalopha inclusa* HNB ; l'hivernation de la Tachinaire a lieu à l'état de larve du 1er ou 2e âge dans la chrysalide de l'hôte. Le cas de *Compsilura concinnata* MEIG pouvant s'attaquer successivement à *Lymantria dispar* L. et à *Thaumaetopoea pityocampa* SCHIFF a été mentionné précédemment.

D'autres entomophages peuvent hiverner sous deux formes diffé-

rentes, c'est le cas d'*Apanteles solitarius* RATZ (PARKER, 1935 (52)) qui passe l'hiver soit sous forme de pronymphe dans son cocon, soit à l'état de larve du 1er âge dans la chenille hivernante de *Stilpnoptia salicis* L., tandis que sa génération printanière peut attaquer d'autres hôtes comme *Lymantria dispar* L.

b) **La nécessité de connaître les biotopes et conditions microclimatiques** (au sens strict du terme microclimat) qui assurent la plus longue survie possible aux adultes de la plupart des parasites endophages et, d'une façon générale, qui favorisent l'activité des prédateurs et parasites. Ainsi,l'un de nous a fait de nombreuses observations sur l'habitat pendant l'hibernation et la période d'activité de *Monodontomerus aerus*, parasite de 1er et 2e degré de la Processionnaire du Chêne (BILIOTTI, 1951 (8)). Cet Hyménoptère qui apparaît très précocement est l'une des rares espèces, comme nous le verrons plus loin, qui peut être détruite au printemps lorsque les traitements sont appliqués au moment des éclosions des Processionnaires du Chêne.

C'est dans ce sens que nous avons conduit certaines études biocénotiques et qu'elles étaient le complément indispensable des études d'application chimique.

III. — DÉTERMINATION DES PÉRIODES D'INTERVENTION CHIMIQUE

Nos premiers travaux (BILIOTTI, 1952 (10)), avaient d'abord porté sur les conditions du choix d'une date du traitement insecticide car on n'ignore pas que, dans toute application pesticide, ce choix est un élément essentiel du succès. Les résultats obtenus par M. CHEVALLIER et R. FAURE (1953 (15)) à la suite de nos recommandations en sont un témoignage.

Les périodes d'intervention ont été fixées en fonction de l'éthologie du ravageur, de sa sensibilité aux toxiques, et en vue de respecter au maximum les auxiliaires naturels.

Nous ne parlerons pas ici du choix du produit insecticide qui sera envisagé plus loin.

1° Sensibilité des Chenilles

Il est généralement admis que les jeunes stades larvaires sont les plus vulnérables et, chez les Lépidoptères (GRISON et VIEL, 1950 (57)), la courbe de sensibilité décroît avec l'âge d'une manière beaucoup plus considérable que chez les larves de Coléoptères, au moins vis-à-vis des produits organiques de synthèse. Des expériences inédites de laboratoire nous ont indiqué que, chez *Malacosoma neustria* L. la dose léthale 50 est atteinte au

4e stade larvaire par l'utilisation d'environ quatre fois plus de poudre à 1 p. 100 de gamma H. C. H. par unité de surface que pour obtenir la même mortalité chez les chenilles du premier âge. Les traitements doivent donc être dirigés contre les premiers âges larvaires (1er et 2e) et de préférence, à l'éclosion, toutes les fois où les circonstances climatiques et éthologiques le permettent.

L'un des principaux facteurs, selon Brown (1951 (14)), de la diminution de la sensibilité des larves âgées aux insecticides de contact, serait l'augmentation de l'épaisseur de la cuticule. Le tableau suivant (tableau I), emprunté à H. Klinger (in Brown) paraît établir une corrélation entre la toxicité des pyréthrines et l'épaisseur de la cuticule chez les quatrième et cinquième stades larvaires de quelques insectes :

Tableau I. — *Relation entre l'épaisseur de la cuticule et la sensibilité des 4e et 5e stades larvaires chez quelques Insectes*

Espèce	Stade IV		Stade V	
	Cuticule en µ	Mortalité en p. 100	Cuticule en µ	Mortalité en p. 100
Bombyx mori	24	100	95	90
Lymantria monacha	27	35	145	0
Stilnoptia salicis	33	20	41	0

Le tableau montre également que la toxicité d'un produit a une signification spécifique soit pour des causes morphologiques, selon la conception de Klinger, soit, ce qui semble encore plus important, pour des causes physiologiques liées au fonctionnement organique de chaque espèce. Nous en reparlerons plus loin.

2° Éthologie du ravageur

D'après les remarques précédentes, un insecticide de contact est d'autant plus efficace qu'il sera employé contre les chenilles les moins âgées possible, c'est-à-dire au moment de l'éclosion.

D'autre part, pour toucher toute la population du phytophage, le traitement doit avoir lieu après l'éclosion de toutes les pontes. La détermination de la fin de la période des éclosions doit donc être considérée aussi rigoureusement que possible pour chaque espèce.

Pour *Th. processionea*, les éclosions se font en quelques jours ; les jeunes Chenilles complètement formées dès l'automne ont passé l'hiver dans les pontes qu'elles quittent presque simultanément ; dans la région de Chevrières, où ont eu lieu nos essais en 1951, les éclosions se sont produites du 15 au 20 avril, et ces dates ont été valables pour l'ensemble de la région parisienne (du 14 au 17 avril à Versailles).

Toutefois, en d'autres années et en d'autres régions, cette période peut présenter une certaine variabilité. En 1953, par exemple, elle s'est produite entre les 24 et 29 mars à Angers et à partir du 1er avril jusqu'au 12 avril dans la région parisienne (avec une interruption de plusieurs jours au milieu de cette période par suite d'un refroidissement brutal de la température).

Chez *Th. pityocampa*, au contraire, les éclosions sont beaucoup plus échelonnées ; dans la région de Lunel (Hérault), où ont été réalisés nos premiers essais en 1951, elles ont eu lieu entre le 5 et le 26 septembre. Ce fait s'explique en partie par l'échelonnement sur une longue période des sorties de papillons, caractère que l'on retrouve lors des éclosions puisque les œufs se développent sans subir d'arrêt évolutif.

Chez *L. dispar*, la période des éclosions est également assez étendue (du 10 au 24 avril en 1953 à Versailles). En Corse en 1954, les premières éclosions ont été observées vers le 15 avril et, après une interruption en fin avril-début mai, causée par un refroidissement atmosphérique, elles ne se seraient achevées que vers le 20 mai, selon des observateurs locaux, en sorte que l'application expérimentale de brouillard insecticide prévue par l'Inspection locale des Eaux et Forêts n'a pu être faite que tardivement.

Chez *Malacosoma neustria* L. les éclosions sont probablement plus groupées comme chez la Processionnaire du Chêne : à Versailles, en 1953, pour quelques pontes, elles ont eu lieu du 10 au 14 avril, cependant des observations portant sur un plus grand nombre de pontes (50 en 1950), nous montrent que si la période d'éclosion massive est relativement courte (30 avril au 2 mai 1950), l'échelonnement total est assez étendu notamment en ce qui concerne les éclosions précoces (les premières larves sont apparues le 18 avril 1950).

Il est évident que, dans tous les cas, les variations des températures quotidiennes au printemps, constituent des facteurs écologiques puissants de ralentissement ou d'accélération du rythme des éclosions.

Le mode de vie des jeunes chenilles doit également être pris en considération. Ainsi, suivant le stade de débourrement des chênes, les Processionnaires, après l'éclosion, peuvent, pendant une certaine période, vivre en mineuses à l'intérieur des bourgeons où elles seront difficilement atteintes par un insecticide. De leur côté, les Processionnaires du Pin tissent dès le début de leur existence un lacis soyeux qui s'épaissit considérablement à la fin du 2e stade. Mais, sans être négligeables, il ne semble pas que ces caractères éthologiques posent des problèmes d'importance aussi grande que ceux qui sont liés à la différence de sensibilité des stades et à l'échelonnement des éclosions.

3° Respect des auxiliaires naturels

Cette considération importante, sinon fondamentale en forêt, sera développée au chapitre VI.

IV. — CONDITIONS TECHNIQUES DE L'APPLICATION

Nous ne décrirons pas les diverses techniques d'application de traitements insecticides en forêt auxquelles se rapportent actuellement de nombreuses références bibliographiques. Nous analyserons quelques conditions que nous nous sommes posées à l'occasion de chaque application en plus des conditions biologiques qui ont été exposées ci-dessus.

1° Climatologie de la forêt

Les variations diurnes et saisonnières de la température et surtout le déplacement des masses d'air, la nature des courants aériens, malgré leur importance et leur intérêt, n'ont pas fait l'objet de nombreux travaux ; parmi ceux-ci nous nous réfèrerons à GEIGER (1950(23)), en raison des précisions qu'ils apportent.

D'une façon générale, l'amplitude des fluctuations thermiques est moins grande en forêt qu'au-dessus des champs cultivés surtout dans le cas d'un peuplement serré dont les couronnes ont une densité de feuillage élevée. Au début de la journée le maximum thermique se déplace régulièrement des cimes vers le sol avant la feuillaison puis des cimes vers le niveau moyen des arbres après la feuillaison. Dans la soirée, le phénomène inverse se produit accentué par l'évaporation et la transpiration foliaires. Ainsi, d'après SELTZER (1935)(58) à la mi-mai vers 17 h. 30 dans le cas d'un chêne de 12 mètres, il est noté une différence de 3°8 C. entre les points situés à 1,45 m et à 9,20 m du sol (fig. 3).

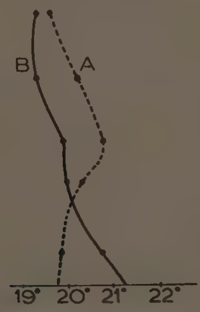


FIG. 3. — Températures maxima à différents niveaux d'un chêne en forêt. A) en trait pointillé : le 24 mai à 12 h. 30 sur un arbre feuillé. — B) en trait plein : arbre dépourvu de feuilles, le 11 avril à 14 h. 30 (d'après SELTZER).

Après le coucher du soleil, le refroidissement progressif des couronnes vers le sol donne naissance à une « brise de forêt » qui souffle de la forêt sur les environs ; celle-ci peut atteindre la vitesse de 1 mètre-seconde et

être encore sensible à une centaine de mètres de la lisière. Au lever du soleil, un processus inverse peut se produire du fait du réchauffement précoce des cimes.

Une étude très précise des gradients de températures existant dans une forêt, depuis le sol recouvert d'humus jusqu'à la cime des arbres, a été réalisée dans une hêtraie du Centre OHIO (CHRISTY, 1952 (16)). Pendant une année, toutes les 8 minutes, les valeurs des températures ont été enregistrées automatiquement à cinq hauteurs différentes simultanément dans des arbres répartis sur une aire forestière de 40 ares environ.

Les résultats de cette étude ne peuvent s'appliquer directement à tous les types de forêts, cependant on peut en tirer les conclusions suivantes :

En été, le bloc forestier possède une température inférieure de 3° à 5° à celle des terres avoisinantes et les écarts entre les températures maximum et minimum sont constants en fonction des différents niveaux à l'intérieur du bloc forestier ; par contre, en hiver, l'effet tampon joué par le feuillage n'existe plus et les températures sont identiques à celles régnant sur les autres parties du pays.

Au printemps, saison qui nous intéresse particulièrement, l'effet du feuillage nouveau se fait sentir peu à peu, et cette frondaison clairsemée détermine des modifications importantes : les températures minimum sont inférieures de 3° environ aux températures des alentours comme en été mais les températures maximum sont supérieures aux températures des terres avoisinantes (2° environ) contrairement à ce qu'on trouve en été ; de plus, les variations journalières sont très grandes et les écarts de températures sont très hétérogènes en fonction des niveaux des relevés. La température au sol est supérieure à celle des autres niveaux.

A ces phénomènes thermiques provoqués par la nature de la frondaison, s'ajoutent ceux qui résultent de situations spéciales de la forêt : plateaux, pentes, vallées, terrains accidentés, dans lesquels d'autres courants aériens peuvent se superposer ainsi que ceux liés au régime des vents.

Ces considérations générales ne sont pas nécessairement applicables aux nombreux cas particuliers constitués par chaque intervention et pour lesquels des observations très précises mériteraient d'être recueillies. Il est évident que, parmi les diverses conditions techniques d'application, ce sont celles qui se rapportent à la climatologie qui présentent souvent les plus grandes difficultés d'information et d'interprétation.

2° Nature du produit insecticide

En forêt, le choix des formules insecticides est beaucoup plus restreint qu'en agriculture : le produit doit être utilisé contre le stade le plus vulnérable et il doit être aussi peu persistant que possible. L'emploi de plus en

plus généralisé des insecticides organiques de synthèse doit être soumis à une réglementation d'hygiène très stricte en forêt. Même en excluant des produits très toxiques comme les esters phosphoriques, des insecticides tels que le zeidane [1] ou l'hexachlorocyclohexane (H. C. H.) peuvent, par leur action rémanente avoir des effets à longue échéance qu'il ne faut pas négliger à priori (BALACHOWSKY, 1951 (6) ; VIEL, 1954 (70)).

Les composés phosphorés à effets endothérapiques, ont été expérimentés en Italie dans la lutte contre la Processionnaire du Pin (PEPE, 1951 (54)). Il a été constaté notamment que le produit absorbé par la plante peut réapparaître dans les gouttelettes de transpiration sur les feuilles et agir sur les jeunes larves de la génération suivante : s'il en était vraiment ainsi le traitement pourrait avoir des conséquences imprévisibles sur de nombreuses espèces de la biocénose. L'importance des phénomènes de « guttation » a d'ailleurs été soulignée par PARK et HEATH (1952 (51)).

Pour éviter ceci, il faut déterminer par des essais préalables, le produit qui, compte tenu des conditions d'application et de la forme sous laquelle il sera employé, est spécifiquement le plus actif. Ainsi, contre les larves de Lépidoptères en général, VIEL a montré avec l'un de nous (1949) par l'étude des DL 50, que la poudre de dichlorodiphényltrichloréthane était nettement plus active, à quantité égale de dépôt de matière active par unité de surface, que l'hexachlorocyclohexane. Le graphique ci-contre (fig. 4) met bien en évidence le phénomène lorsqu'on compare assez schématiquement l'activité des mêmes produits sur la Processionnaire du Pin et le Hanneton commun.

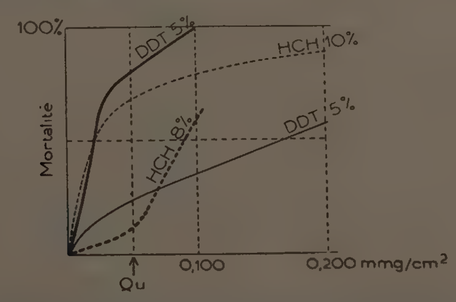


FIG. 4. — Mortalité de la Processionnaire du Pin (en trait épais) et du Hanneton (en trait fin) en fonction du dépôt de poudre au 4e jour (à Q = 0,050 mg/cm² correspondent les quantités réellement déposées sur le feuillage d'après les travaux non publiés de VIEL et GRISON).

Dans un essai préalable en plein air, en mai 1950 (GRISON, VIEL, VENTURA, 1950 (38)), un poudrage a été fait sur de jeunes chênes infestés par des colonies de près d'un milllier de chenilles des 2e et 3e stades. Le

[1] Le zeidane est le produit actif entrant dans la composition des poudres commerciales « D. D. T. ».

contrôle d'efficacité par la méthode coprométrique, donne le résultat suivant quatre jours après le traitement :

Sous un arbre traité au zeidane = 1 g d'excreta
Sous un arbre traité à H. C. H. = 17 g d'excreta
Sous un arbre témoin = 17,5 g d'excreta

ANDROIC (1951 (2)) formule des conclusions analogues pour *Lymantria dispar*.

Les espèces d'un même ordre, voire de groupes systématiques assez voisins, peuvent d'ailleurs présenter des différences très importantes de sensibilité à l'égard d'un même produit insecticide (voir chapitre III, § 1°) ; *la parenté entomologique ne constitue pas un critère d'analogie de sensibilité toxicologique*.

Les chenilles Processionnaires se distinguent des autres Bombyx et Lépidoptères que nous avons étudiés, par leur résistance assez considérable aux substances organiques de synthèse les plus couramment utilisées, et aux doses habituelles d'emploi (VIEL et GRISON, 1948 *a* et 1948 *b* (67-68) ; GRISON et VIEL, 1948 (35)). ANDROIC (1950 (1)) a également fait cette remarque pour la Chenille Processionnaire du Pin comparée à *L. dispar*. Des chenilles dont la vêture pileuse est particulièrement abondante comme *Estigmene acraea* DRURY, voisine de *Hyphantria cunea* DRURY semblent résister assez bien aux poudrages à base de zeidane, de H. C. H. ou de chlordane ; elles sont cependant détruites par les poudrages à 20 p. 100 de toxaphène (in BROWN).

Cette efficacité notable du toxaphène dans certains cas, nous a incité à poursuivre des essais comparatifs. Ainsi, dans une expérience récente, encore inédite, les trois produits suivants : zeidane, lindane et toxaphène ont été utilisés en poudrage après dilution avec du talc, dans les rapports de 10 pour le zeidane, de 1 pour le lindane et de 20 pour le toxaphène. Les chenilles traitées au nombre de 20 pour chaque lot, étaient des Processionnaires du Chêne au 2e stade et des *Malacosoma neustria* L. Chaque essai a été répété 3 fois.

Les trois traitements ont provoqué des mortalités totales de chenilles ; cependant, l'action du toxaphène a été plus rapide puisque la mortalité totale se manifeste le 3e jour alors qu'elle se produit le 7e jour avec le zeidane et le lindane, dans le cas des Processionnaires du Chêne. Dans le cas de *M. neustria* il faut 1 jour et demi pour le toxaphène et 3 à 5 jours pour le zeidane et le lindane. Outre cette différence de vitesse d'action, imputable au produit, il y a eu une différence de sensibilité des deux espèces de Lépidoptères dont nous aurons à tenir compte lors de l'examen des résultats exposés au chapitre V (tableau II).

Par contre, *Malacosoma americana* FAB. serait aussi sensible au poudrage zeidane qu'au poudrage de toxaphène et résisterait à l'action du H. C. H. selon les auteurs américains.

TABLEAU II

Toxicité comparée de trois produits organiques de synthèse

	Concentration en M. A.	Dose d'emploi	% de mortalité moyenne dans 3 lots de chenilles du 2e stade					
			Processionnaires			Malacosoma		
Délais d'action			3e j	5e j	7e j	36 h	3e j	5e j
Zeidane	0,5 p. 100	0 g 500	70	95	100	95	100	100
Lindane	0,05 p. 100	0 g 500	46	81	100	76	80	98
Toxaphène	1 p. 100	0 g 500	100	100	100	100	100	100

Les essais réalisés au Portugal contre *M. neustria* par W. H. M. DALMEYER avec de l'endrine dilué à 0,25 p. 100 dans le gas-oil, ont donné des résultats comparables à ceux des traitements au zeidane à 6 p. 100 (communication privée).

Une Tordeuse très nuisible au Sapin, *Choristoneura fumiferana* CLEM., est très sensible au zeidane et très peu aux autres insecticides comme le lindane, le chlordane ou la nicotine.

Pour pouvoir obtenir par l'analyse statistique une interprétation plus précise des résultats de nos essais d'homogénéité des traitements, nous avions intérêt à étaler les mortalités autour de la zone 50 p. 100. C'est pour cette raison que nous avons employé au cours de l'expérimentation, des produits à base de lindane, probablement moins efficace que le zeidane et certainement moins rapidement actif que ce produit.

3° Distribution du produit

Les courants aériens, même ceux qui sont peu perceptibles par nos sens, ont une influence primordiale sur la distribution d'un produit pesticide et, comme l'ont montré les travaux de RAUCOURT, VIEL et CHEVREL (1953(56)), l'action insecticide du produit dépend en fin de compte de sa distribution sur les organes végétaux à protéger.

Or, l'entraînement de produit en dehors des aires à traiter peut être considérable non seulement par l'emploi d'appareils aériens, ce qui s'admet à priori, mais aussi avec les appareils au sol. Dans le cas d'un poudrage aérien, KRUSE, HESS et METCALF (1944 (46)) en Amérique, aussi bien que RAUCOURT et VIEL (1950 (55)) en France ont évalué que la perte de produit par entraînement était au moins de 70 p. 100 et le plus fréquemment de 80 à 85 p. 100 de la quantité totale de substance répandue. Une poudre peut être entraînée à une distance de plusieurs kilomètres au-delà de son point d'épandage.

L'emploi des suspensions huileuses par nébulisation peut diminuer

la perte de produit si l'on en juge d'après les résultats obtenus en Yougoslavie où une application de 2,5 kg de produit à 10 p. 100 de zeidane (préparation nationale « Pantakan ») par hectare aurait été suffisante contre *Lymantria dispar* (NONVEILLER, 1950 (49) ; SPAIC, 1949 et 1952 (59-60)).

Un autre problème essentiel concerne l'homogénéité des « dépôts actifs » c'est-à-dire des quantités de produit à l'unité de surface effectivement reçues par les Insectes à détruire ou par le feuillage à protéger.

Dans ce domaine, indépendamment des considérations relatives à la concentration en matière active du brouillard et du temps de passage de celui-ci en différents points, il y a lieu d'attacher une grande importance à la détermination de la grosseur des particules, ce qui peut être fait par une méthode analogue à celle décrite par DE JONG (1950 (43)) par exemple.

Selon McINTOSH (1947 (48)), de très grosses particules de zeidane peuvent pénétrer dans la cuticule des insectes et elles seraient même plus efficacement retenues sur le corps que les petites ; quoiqu'il en soit, les unes et les autres sont aussi effectives poids pour poids.

Les expériences de LATTA (1947 (47)) citées par BROWN (p. 338) sont encore plus expressives à ce sujet : des moustiques sont enfermés dans un tunnel où l'on établit un courant d'air. Pour une vitesse donnée de l'air (par exemple 6 km 400 /heure), il faut, pour obtenir la dose léthale 50 :

184 mg	de D. D. T.	avec des	particules de	1 μ 1
3,5	—	—	—	4 μ 5
1,9	—	—	—	10 μ
0,9	—	—	—	20 μ

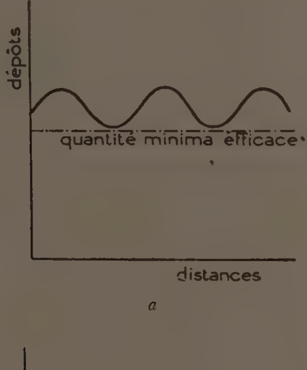
En somme, quand les particules sont 20 fois plus grosses, la quantité de toxique nécessaire est environ 200 fois plus faible. Toutefois, il y a une limite à l'augmentation de la toxicité avec la grosseur des particules ; en effet, dans la relation fondamentale qui existe entre la concentration en matière active du nuage et la durée de séjour du produit en un point donné, celle-ci est d'autant plus réduite que les particules sont plus grosses, suivant un phénomène assez analogue à celui que représente la « loi de Stokes ». En sorte que, lorsque les particules sont trop grosses, la durée de contact, comme les chances de contact, avec les insectes, tendent à diminuer (voir aussi les travaux de DEONIER et al. 1949 (20)).

Par ailleurs, une conséquence directe de la « loi de Stokes » est d'obtenir une réduction considérable de la « portée » d'un brouillard insecticide lorsque les particules de matière active qui le constituent sont trop grosses.

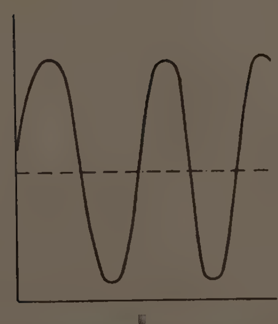
La portée des émissions est également fonction de la nature et de la densité du couvert végétal à traiter qui constitue sûrement, mais à un degré variable, un obstacle à la pénétration du brouillard. Les études américaines ont permis d'observer que les moustiques établis dans les zones forestières à feuillage épais, nécessitent d'être détruits à l'aide de particules de grosseur inférieure à 30 μ. Dans la jungle, pour éviter une

filtration trop intense du brouillard, il faut que celui-ci soit constitué de gouttelettes de diamètre inférieur à 10 μ. En conséquence, les particules émises par un générateur terrestre, ne doivent pas être supérieures à 40 μ pour que celles-ci atteignent efficacement des insectes éloignés de l'émetteur.

Le choix de la grosseur des particules à utiliser est donc soumis à des exigences contradictoires : diminuer le diamètre des particules pour atteindre l'Insecte plus sûrement et à plus longue portée et augmenter cette dimension pour accroître l'efficacité toxique. Or, dans les conditions pratiques, ce choix est souvent imposé par des influences extérieures, bioclimatiques ou topographiques.



a



b

FIG. 5. — Dépôts de poudre en fonction des passages de l'avion. *a*) poudrage théoriquement très satisfaisant. — *b*) poudrage avec excès dans les zones de passage et insuffisances dans les bandes intermédiaires.

Dans ce domaine également, nous tirons des recherches effectuées par le Laboratoire de Phytopharmacie de précieuses indications. En effet, celui-ci s'est d'abord efforcé de déterminer au laboratoire, pour chaque cas particulier, quelle était la valeur minimum du dépôt de substance nécessaire pour obtenir un effet toxique, en tenant compte également de la spécificité d'action insecticide de chaque produit. Puis, dans la pra-

tique des traitements, il a contrôlé la valeur réelle des dépôts en fonction des modes de passage de l'appareil d'une part, et de la disposition du feuillage traité d'autre part.

Dans tous les cas d'applications insecticides, les dépôts actifs sont plus ou moins hétérogènes et, si l'on envisage les passages successifs d'un appareil quelconque dans une culture, l'hétérogénéité de la répartition du produit peut être figurée par l'amplitude d'une sinusoïde (fig. 5*a*) : le traitement sera vraiment défectueux si l'axe de la quantité minimum efficace coupe cette sinusoïde (VIEL et RAUCOURT, 1950 (fig. 5 *b* (69)).

4° Technique d'application

Cette condition se rapporte au mode d'épandage du produit. Depuis les campagnes anti-Hannetons d'Etrepagny et antidoryphoriques de la plaine de Caen en 1949, nous avons utilisé ou assisté à l'usage de la plupart des techniques d'application possibles.

En nous référant aux conclusions des auteurs précédemment cités (RAUCOURT, VIEL et collab.) sur les traitements par voie aérienne, nous avons admis que ceux-ci n'étaient pas à retenir dans les *forêts dont le sous-bois est d'accès facile* ; *a fortiori*, nous l'avons déconseillé pour le traitement de petits domaines et de plantations morcelées.

Les brouillards insecticides « à longue portée », comme celui qui a été décrit par COURTIER et BOUSCHARAIN (1952 (19)) présentent des caractères d'efficacité, de maniabilité et de rentabilité très avantageux dans les grands peuplements forestiers. Les brouillards obtenus avec certains nébulisateurs du genre Tifa, par exemple, assurent une bonne dispersion du produit dans les peuplements de moyenne étendue. Il est évident que des exemples ne sont pas limitatifs et que tout appareil au sol peut être utilisé *s'il permet d'atteindre le sommet des arbres*, d'envelopper et de pénétrer parfaitement la frondaison des massifs à traiter.

Nous n'envisageons ici que les deux procédés qui viennent d'être cités, Saint-Gobain et Tifa, et auxquels nous avons fait subir le contrôle expérimental que nous relatons par la suite parce que leurs caractéristiques ou leurs performances nous laissaient supposer une rentabilité très satisfaisante en forêt, pour une distribution de produit aussi homogène qu'il est possible de l'obtenir.

Or, l'évaluation de la marge d'homogénéité apparente d'un épandage de produit constituait l'un des buts essentiels de nos essais.

5° Méthodes biologiques de contrôle de l'efficacité du traitement

Nous venons d'admettre que l'efficacité est, entre bien d'autres facteurs, fonction de la valeur des quantités de produit effectivement déposé.

Dans toute opération expérimentale, un premier contrôle devrait donc porter sur la détermination de ces quantités, ce qui peut être fait en recueillant les dépôts actifs sur des papiers, plaques de verre ou coupelles de surface connue puis en soumettant les dépôts ainsi recueillis au dosage chimique, ou bien en les présentant à des insectes-tests de laboratoire dont la mortalité (délai et proportion) permet d'apprécier l'importance du dépôt ; ainsi, nous avons utilisé *Ceratitis capitata* Wied dans quelques-uns de nos essais.

Pour évaluer l'efficacité d'un produit ou d'un procédé d'application avec un produit donné, nous pouvons estimer les mortalités obtenues soit sur les populations d'insectes présentes naturellement dans l'aire étudiée, soit sur des lots d'insectes provenant d'élevage.

Le premier type de procédé permet de connaître le résultat d'un traitement en se plaçant d'un point de vue agronomique. Il suppose nécessairement l'emploi de méthodes statistiques pour *estimer les populations d'insectes avant et après traitement*. On peut procéder directement au dénombrement des insectes mais il est difficile de se rendre compte rapidement dans un traitement pratique en forêt des résultats obtenus. Il est nécessaire d'attendre le développement des chenilles survivantes, et d'apprécier les dégâts commis par celles-ci, comparativement aux années précédentes. Pour remédier à cet inconvénient, on peut recourir à une méthode indirecte à l'aide d'une donnée qui soit fonction du nombre d'individus présents, par exemple la méthode « coprométrique » utilisée par les forestiers allemands (Wellenstein et al. 1942 (71)). Ces procédés présentent le désavantage de ne pas se prêter à des essais préliminaires avant la période normale des traitements.

Le second type de procédé consiste à soumettre au traitement des colonies d'insectes. On peut ainsi déterminer les mortalités dans des lots d'effectif donné. Les insectes de laboratoire peuvent être exposés directement au traitement ou, en particulier lorsqu'on étudie l'action immédiate ou persistante de produits de contact, être mis en présence de papiers ayant été eux-mêmes soumis au traitement. Ce sont ces modalités de contrôle que nous avons retenues dans nos essais. Elles peuvent remplacer ou compléter les contrôles physico-chimiques de distribution de produit qui permettent de caractériser le degré d'hétérogénéité des « dépôts actifs ».

Les colonies de chenilles « tests » sont placées par exemple au sommet de perches de 4 m dispersées dans la surface boisée soumise au contrôle (fig. 6), selon un dispositif mis au point par le Laboratoire de Phytopharmacie au cours de l'opération expérimentale anti-Hanneton d'Etrepagny en 1949.

Pour apprécier la répartition de l'insecticide à la fois en surface et en hauteur, en d'autres termes pour évaluer l'efficacité pratique du traitement aux différents niveaux de la frondaison, depuis la base jusqu'à la

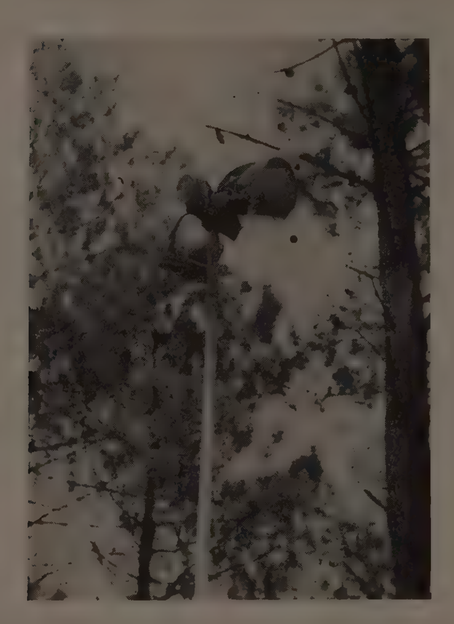


FIG. 6. — Perches portant plusieurs colonies tests pour contrôler un traitement en forêt de Pins.



FIG. 7. — Gonflage sur le terrain des ballonnets utilisés pour les contrôles en hauteur.

cime de la couronne, nous avons préconisé et mis au point l'emploi du ballonnet de sondage météorologique relié au sol par un fil de nylon auquel peuvent être attachées les colonies de chenilles à différentes hauteurs (fig. 7).

Les ballonnets sont, avec un peu d'habitude, assez facilement ramenés au sol après le traitement pour récupérer les colonies qui subissent alors les examens habituels (contrôles de mortalité, d'activité, d'alimentation...).

On peut disposer des séries de ballonnets en groupes, en lignes ou en carrés selon la nature du contrôle et le mode d'échantillonnage qui ont été adoptés pour chaque cas particulier.

6° Élevage des insectes utilisés dans le contrôle

Les élevages massifs d'insectes dans les conditions artificielles du laboratoire se sont largement développés avec l'extension des recherches de nouveaux produits organiques insecticides par l'industrie chimique. S'il est commode d'utiliser des insectes d'élevage facile comme les Grillons, Blattes, Calandres... pour caractériser rapidement les produits à propriétés toxiques remarquables parmi de nombreuses préparations synthétiques, il est dangereux d'extrapoler les résultats obtenus sur ces quelques espèces pour établir les normes d'emploi pratique des produits ainsi sélectionnés.

Pour remédier à cet inconvénient, l'Insectarium de la Station Centrale de Zoologie agricole de Versailles s'est attaché à préciser quelques techniques d'élevage d'espèces phytophages permettant aux phytopharmaciens de compléter leurs premiers contrôles d'efficacité insecticide. Quelques-uns des Bombyx précédemment cités ont été multipliés dans ce but et plus spécialement *Malacosoma neustria* L. (GRISON et SILVESTRE DE SACY 1954 (34)).

Nous avons retenu cette dernière espèce pour deux raisons essentielles : elle est excessivement rustique, peu sujette aux épizooties et assure aux phytopharmaciens des lots témoins sans aucune mortalité ; d'autre part, les particularités éthologiques de sa vie grégaire confinée au voisinage du nid pendant les premiers stades rendent son élevage extrêmement facile puisqu'on peut disposer sur des rameaux plusieurs centaines de chenilles sans qu'il soit nécessaire de les mettre en cage. Les jeunes chenilles de *Lymantria dispar* L. qui se dispersent dès l'éclosion demandent au contraire beaucoup plus de soins.

A partir du quatrième stade, les chenilles de *M. neustria* sont placées dans des cages assez spécieuses (à raison d'une centaine d'individus environ pour 1/50 de m^3) où l'aliment leur est offert par brassées de rameaux :

nous utilisons le Prunier ou le Pommier et à la fin de l'automne nous avons obtenu un développement satisfaisant sur Ronce. Les insectes se nymphosent dans les cages et la ponte se produit assez normalement sur les rameaux même fanés qui ont été laissés. En élevage printanier, avec des souches initiales de 10 pontes, nous avons obtenu un « rendement » de 50 à 120 pontes à la fin de la saison.

Ces pontes sont conservées à la température modérée de l'insectarium (15 à 20°C) jusqu'à l'automne, c'est-à-dire jusqu'à la formation d'embryons très différenciés (en septembre la chenille est presque formée dans l'œuf) qui subissent la diapause. A ce moment elles sont placées en glacière et peuvent être conservées ainsi jusqu'à l'hiver de l'année suivante : les embryons restent très viables, ce qui nous permet de les utiliser d'une façon échelonnée depuis janvier jusqu'à novembre en leur offrant du Prunier forcé en début de saison et de la Ronce en fin de saison.

V. — MÉTHODE D'EXPÉRIMENTATION EN FORÊT D'UN TRAITEMENT INSECTICIDE

1° MISE AU POINT D'UNE MÉTHODE EXPÉRIMENTALE

L'occasion d'expérimenter en forêt s'est présentée au cours d'une période (1950-1952) pendant laquelle l'I. N. R. A. a apporté sa contribution à la mise au point d'une nouvelle méthode d'émission de brouillards insecticides. Ces derniers sont formés par la distillation azéotropique de produits pesticides associés à un mélange chimique en proportions définies; la fusion du composé, actuellement présenté sous forme de granulés, à température relativement basse, permet d'éviter la décomposition du produit insecticide (COURTIER et BOUSCHARAIN, 1952 (19)).

En raison de leur commodité d'emploi et des caractères de leur dispersion dans l'ensemble de la frondaison sur une assez longue portée, les brouillards (fig. 8) émis à l'aide de ce procédé (Saint-Gobain) avaient recueilli une audience favorable auprès de la Direction Générale des Eaux et Forêts.

Les doses pratiques d'emploi de produits pesticides ont été évaluées en tenant compte des résultats obtenus en laboratoire, tantôt à la tour à poudrage ou à pulvérisation selon des procédés habituels en phytopharmacie, tantôt en chambre à fumigation (1). Quelques résultats de poudrage ont été donnés précédemment ; ci-dessous, nous résumons ceux d'un essai assez détaillé comportant l'étude des durées d'exposition de plusieurs

(1) Nous remercions vivement le Département agricole de la Compagnie Saint-Gobain, M. RICHARD, Directeur du Service agronomique et M. BOUSCHARAIN, Chef du Service des Antiparasitaires d'avoir mis à notre disposition la chambre qu'ils avaient spécialement conçue et construite à cet effet.

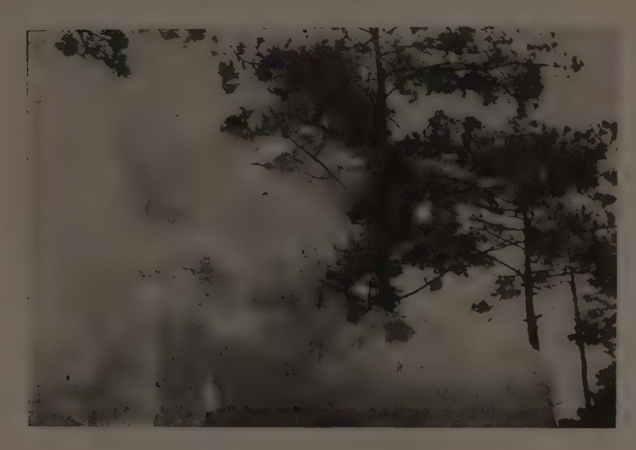


FIG. 8. — Brouillard insecticide Saint Gobain en forêt de Pins.

colonies de *Malacosoma neustria* de fin 1er âge à l'action d'une fumigation faite avec un produit type « Forécran » à la dose de 5 mg, par m³, d'hexachlorocyclohexane technique à 12 p. 100 d'isomère gamma (tableau III).

TABLEAU III

Effets toxiques d'une fumigation d'H. C. H. en chambre close

Durée d'exposition	Mortalité moyenne après :		
	25 h	2 jours	8 jours
2 minutes	32 p. 100	40 p. 100	70 p. 100
6 —	21 —	56 —	72 —
15 —	85 —	100 —	
30 —	95 —	100 —	
60 —	95 —	100 —	
Témoin	2 —	4 —	4 —

Des lots de *Nemeritis canescens* GRAV, Hyménoptère parasite de la Teigne de la Farine et de divers autres Microlépidoptères, ont été tués en totalité entre 24 et 48 h aux plus faibles durées d'exposition.

Si nous comparons une futaie à une vaste chambre dans laquelle se propage plus ou moins rapidement le brouillard insecticide, et si nous évaluons approximativement à 100 000 m³ le volume de cette chambre pour un hectare de futaie, nous nous apercevons donc que, par extrapolation, vis-à-vis de *Malacosoma neustria* L., il serait nécessaire de disperser au minimum 5 mg de matière active par m³, c'est-à-dire 500 g par hectare, et *à condition que les chenilles restent au moins 15 mn en contact avec le brouillard insecticide.*

Mais il faut tenir compte de la vitesse de propagation des particules (6 à 8 mn pour parcourir 300 m sous un vent inférieur à 1 m/s dans l'expérience rapportée plus loin) (1), de la sensibilité beaucoup moins forte des chenilles Processionnaires, et enfin du lot varié des facteurs connus ou inconnus qui, dans la nature, modifient toujours considérablement les données du laboratoire. C'est pour cette raison essentielle que nous avons multiplié, dans la mesure de nos possibilités techniques, l'expérimentation directe en forêt et que nous avons envisagé la nécessité fondamentale de mettre au point une méthode biométrique d'analyse adaptée aux traitements insecticides de cette nature et susceptible de nous renseigner utilement sur l'efficacité moyenne pratique de ceux-ci.

A titre indicatif, nous estimons que les doses minimum à l'hectare, définies par rapport à la sensibilité des larves du 1er stade et par rapport à la différence d'action toxique du dichlorodiphényltrichloréthane et de l'hexachlorocyclohexane, devraient être de 1 kg de matière active pour le premier produit et de 2 kg pour le second.

a) Émission de brouillards insecticides avec le procédé Saint-Gobain

Les essais ont été réalisés en avril 1952, à l'aide d'émetteurs fixes de fumées insecticides disposés dans un bois de chêne (2), un peu avant le débourrement du feuillage (fig. 9).

Le secteur boisé traversé par la fumée avait une forme trapézoïdale et représentait une surface d'environ 12 ha.

Le contrôle biologique a été réalisé avec des colonies de *Malacosoma neustria* L. de la fin du 1er stade larvaire et élevées sur rameaux de Prunier japonais. Ces colonies étaient disposées au sommet de perches de 4 m et celles-ci étaient réparties tous les 30 m environ sur 4 lignes perpendiculaires au front d'émission de la fumée insecticide. A côté des colonies étaient fixées des rondelles de papier-filtre mises en boîte de Pétri immédiatement après le traitement pour recevoir ensuite au Laboratoire des Mouches des fruits adultes (*Ceratitis capitata* WIED (fig. 10).

Dans l'essai I, les Mouches ont été mises en présence des papiers environ 16 h après le traitement (le lendemain matin), dans l'essai II, 40 h après (le surlendemain matin).

Le vent est resté constamment faible (inférieur à 1 m/s). Les lignes ont été établies parallèlement à sa direction générale approximativement NNW-SSE mais au moment des traitements il avait tourné légèrement et

(1) En pratique, nous estimons *qu'une opération de traitement en forêt ne devrait jamais être faite par un vent de vitesse supérieure à 2 m/s.*, non seulement parce qu'on accroît les risques d'hétérogénéité et de déperdition de produit mais aussi parce qu'on réduit le temps de contact des insectes avec le brouillard ou le nuage insecticide.

(2) Le bois est situé à Chevrières dans la vallée de l'Oise ; il appartient à M. LANGLOIS MEURINNE que nous remercions vivement pour l'accueil qu'il nous a réservé et l'aide obligeante qu'il nous a apportée dans la réalisation de nos essais.



FIG. 9. — Emetteur fixe Saint-Gobain en action.



FIG. 10. — Mise en place des perches portant les colonies de *M. neustria* et les papiers filtres pour contrôles.

se trouvait donc avoir une direction NNE-SSW oblique par rapport aux lignes (fig. 11).

La fumée a traversé le bois en 6 à 8 mn en moyenne véhiculant avec elle une charge totale de 20 kg d'H. C. H. technique à 12 p. 100 d'isomère gamma émise par 9 appareils distants l'un de l'autre de 40 m dans le premier essai et par 4 appareils distants de 80 m dans le second essai.

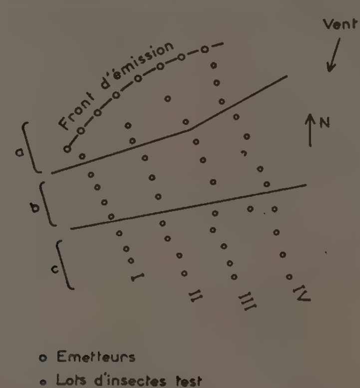


FIG. 11. — Plan des essais réalisés à Chevrières montrant la ligne d'emetteurs et l'emplacement des tests.

Sans discuter ici des caractères de la diffusion de la fumée, ni de la nature physique des particules, signalons que la quantité de produit actif dispersé dans le bois a été beaucoup plus grande (environ le double) *dans l'unité de temps* au cours du second essai. Cette notion, aussi intéressante à retenir que celle très relative de la quantité de produit actif à l'unité de surface, sera rappelée lors de l'interprétation des résultats. Nous complétons les données expérimentales sur le tableau IV.

TABLEAU IV

Données expérimentales sur les émissions Saint-Gobain de 1952

Caractéristiques techniques	Essai I (2 avril)	Essai II (3 avril)
Front d'émission	320 mètres	250 mètres
Quantité d'émetteurs	9	4
Profondeurs minima et maxima de l'émission	240 et 460 mètres	300 et 410 mètres
Surface couverte	12 ha 40	11 ha 60
Nombre de perches et distance du point d'émission à la dernière perche par ligne :		
ligne A	9 p. — 280 m	7 p. — 350 m
ligne B	9 p. — 330 m	6 p. — 350 m
ligne C	10 p. — 410 m	8 p. — 400 m
ligne D	13 p. — 450 m	9 p. — 380 m

Dans les quelques heures qui ont suivi immédiatement l'émission, les colonies et les papiers ont été retirés pour être transportés au laboratoire. Les pourcentages bruts de mortalité, qui ne seront pas indiqués ici, ont été évalués au 7[e] j pour les chenilles, auxquelles une alimentation fraîche avait été offerte dans l'intervalle de ce délai, et 24 h après la mise en boîte de Pétri pour les Mouches.

b) **Analyses des résultats**

La méthode qui a été suivie a été largement conditionnée par les modalités suivant lesquelles les essais ont été conduits, modalités elles-mêmes fonction des conditions naturelles du lieu d'expérimentation.

Les emplacements des perches avaient été déterminés pour former en principe un quadrillage suivant des *lignes* perpendiculaires au front des appareils fumigènes et des *rangs* parallèles à cette ligne.

L'analyse des résultats devait tenir compte de deux facteurs de variation : les lignes et les rangs. Cette analyse a dû être réalisée au moyen de la technique dite d'ajustement de constantes en raison du fait que la disposition des lieux n'avait pas permis de réaliser le quadrillage de façon absolument régulière ; ce fait s'est traduit par un nombre de répétitions non constant pour les différentes combinaisons « rangs × lignes ».

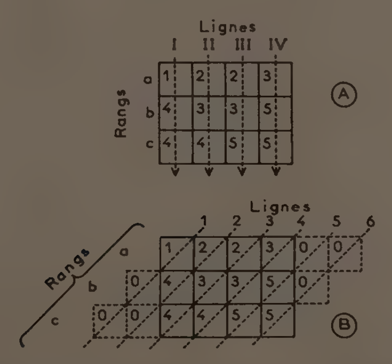


FIG. 12. — Plans schématiques. A) correspondant à la mise en place des essais. B) correspondant à l'analyse faite en vue de tenir compte de la disposition du vent (le chiffre en haut à gauche de chaque parcelle indique le nombre d'observations individuelles).

D'autre part, au lieu de considérer les lignes définies lors de la mise en place (fig. 12 *a*) nous avons considéré des lignes artificielles parallèles à la direction du vent (fig. 12 *b*) ce qui n'amenait aucune difficulté supplémentaire d'analyse.

En raison du nombre restreint de témoins qu'il a été possible d'obser-

ver, nous n'avons pu tenir compte de la mortalité naturelle. Il convient cependant de noter que cette mortalité naturelle s'était révélée très faible dans ces témoins et que, par conséquent, une correction d'ABBOTT eût été vraisemblablement négligeable.

Enfin les *pourcentages bruts de mortalité ont fait l'objet* avant toute analyse de la *transformation angulaire qui consiste à remplacer les pourcentages observés par la mesure (en degré) de l'arc dont le sinus est la racine carrée du pourcentage considéré.* Nous ne donnerons pas ici la justification statistique de cette transformation (cf. *Traités de statistique*) mais nous remarquerons qu'elle a pour résultat d'étaler relativement plus les pourcentages extrêmes que ceux voisins de 50 p. 100 ; elle exprime donc une donnée de simple bon sens qui indique qu'une différence de 5 p. 100 par exemple entre deux pourcentages a une bien plus grande importance entre 90 et 95 p. 100 qu'entre 50 et 55 p. 100. Chacun des résultats individuels a donc subi cette transformation et l'analyse statistique porte uniquement sur les *arcs sin* $\sqrt{}$ *p. cent.* En fin d'analyse, les moyennes seront indiquées sous forme de pourcentages de mortalité, après détransformation (ARNOUX et GRISON, 1952 (3)).

L'ensemble des résultats, exprimés en arc sin $\sqrt{}$ p. 100, est donné dans le tableau V qui groupe également, entre parenthèses, les pourcentages de mortalité ou moyennes détransformées :

TABLEAU V

Résultats des émissions Saint-Gobain 1952

	Essai I (2 avril)		Essai II (3 avril)	
	Malacosoma	*Ceratitis*	*Malacosoma*	*Ceratitis*
A) *Moyennes par ligne :*				
1	84,5 (99,2)	87,8 (98,9)	53,0 (63,9)	17,8 (9,3)
2	32,8 (29,3)	69,5 (87,7)	68,6 (86,7)	63,6 (80,2)
3	43,0 (46,5)	42,1 (45,0)	54,6 (66,5)	31,4 (27,1)
4	33,1 (29,8)	56,5 (69,5)	56,2 (69,0)	30,1 (25,1)
5	35,6 (33,9)	27,5 (21,3)	40,8 (42,7)	18,0 (9,5)
6	26,7 (20,2)	36,3 (35,0)	46,5 (52,6)	51,6 (61,4)
B) *Moyennes par rang :*				
a	41,6 (44,1)	31,2 (26,8)	47,8 (54,9)	25,0 (17,9)
b	37,4 (36,9)	49,3 (57,5)	56,4 (69,4)	35,0 (32,9)
c	32,2 (28,4)	53,0 (63,8)	54,9 (66,9)	37,2 (36,5)
C) *Moyenne générale :*	36,1 (34,7)	47,3 (54,0)	53,5 (64,6)	33,1 (29,8)
D) *Signification :*				
Facteur lignes	XX	XX	—	XX
Facteur rangs	—	X	—	—
Interaction	—	—	—	X
E) *Ecart-type :*	11,8	17,5	18	17
Coefficient de variabilité	33 %	37 %	34 %	50 %

Les quatre analyses de variance, pour *Malacosoma* et *Ceratitis* dans chacun des deux essais, montrent tout d'abord que la variabilité des résultats individuels est très élevée (coefficient de variabilité supérieur à 30 p. 100). Cependant, l'interaction « rangs × lignes » est presque toujours non significative ; or, en conduisant l'analyse suivant le schéma A (fig. 12), cette interaction était significative. On voit donc d'une part que l'adoption du schéma B a effectivement corrigé la perturbation apportée par le vent et d'autre part que la variation entre les parcelles — après élimination des effets principaux (« lignes » et « rangs ») — s'explique entièrement par la variation entre lots (variance résiduelle).

Cette variation a pour origine non seulement le fait qu'un lot d'insectes ne présentera pas la même mortalité qu'un autre dans les mêmes conditions mais aussi le fait que ces conditions ont pu ne pas rester uniformes même à l'intérieur d'une parcelle.

Quant aux effets principaux, nous pouvons constater que la variation entre « lignes », est, dans la majorité des cas, significative, tandis que celle correspondant aux rangs ne l'est généralement pas. Schématiquement, ceci signifie que, parmi les différents émetteurs, certains ont eu des effets plus prononcés que d'autres, ces effets étant pratiquement uniformes sur toute la profondeur de terrain situé sous le vent des émetteurs, ceci bien entendu dans la limite de la distance de quelques centaines de mètres où les observations ont été faites.

En ne considérant que les résultats sur *Malacosoma* dans l'essai I, on aurait pu penser qu'il existait un gradient d'efficacité décroissante à partir de la ligne d'émetteur. L'existence d'un tel gradient n'est pas statistiquement significative. Ce résultat doit donc être considéré comme fortuit ; il ne se retrouve d'ailleurs ni dans l'essai II, ni lorsqu'on considère *Ceratitis*, bien au contraire. Il y a donc lieu de s'en tenir aux conclusions que nous avons dégagées plus haut.

L'ensemble de ces résultats indique, malgré une variabilité individuelle élevée — et d'ailleurs en partie due au mode de traitement lui-même — que les fumées insecticides, émises dans les conditions de nos essais, ont provoqué des mortalités de 30 à 60 p. 100, sur *Malacosoma* par traitement direct et sur *Ceratitis* mises en contact avec des papiers eux-mêmes soumis au traitement. Ces mortalités sont restées pratiquement constantes quelle que soit la distance de l'émetteur mais certaines zones présentent sur toute cette profondeur une efficacité soit moindre, soit plus élevée. Il est permis de penser que certains obstacles naturels (arbres, courants aériens) ont dévié la fumée, particulièrement au voisinage des émetteurs, soit latéralement, soit en altitude.

Le fait que ces zones d'hétérogénéité aient été moins accentuées dans le second essai, avec un nombre réduit d'émetteurs mais avec une dose de produit plus élevée pour chacun d'eux, semble indiquer que la qualité de

l'émission est en relation avec les caractères du débit des émetteurs et particulièrement avec *la quantité de produit dispersée par unité de temps en un point donné.*

Pour faciliter le contrôle du débit de l'émission et accroître le rendement pratique, un appareil émetteur continu a été mis au point par la suite (fig. 13).



FIG. 13. — Émetteur continu mobile Saint-Gobain.

2° EXPÉRIMENTATION PRATIQUE AVEC LE NÉBULISATEUR TIFA

Au cours des années 1953 et 1954, les conclusions intéressantes que nous avions obtenues à l'aide de la méthode expérimentale précédente nous ont incités à appliquer celle-ci à l'étude d'un autre procédé d'émission de brouillard insecticide : le nébulisateur TIFA. Il avait été employé durant la guerre comme fumigène pour masquer les mouvements de troupes, puis pour la lutte contre les Moustiques et divers insectes nuisibles (BRESCIA 1947 (13 *bis*), HORSFALL 1950 (41), GENTNER et al. 1948, etc (25)) et la désinsectisation des locaux. En Bavière, les forestiers allemands l'utilisèrent contre la Nonne, *Lymantria monacha* L. (THIELMANN, 1951 (63)).

Le nébulisateur TIFA (Todd Insecticide Fog Applicator) (fig. 14) comprend une pompe rotative tournant à environ 1 300 t/mn chassant un courant d'air dont le débit est de 4 à 5 m³ à la minute. Une pompe centrifuge injecte la solution huileuse insecticide dans le courant d'air lorsque celui-ci sort de la chambre de combustion chauffée à 480°-500°, et est finalement expulsé violemment à l'extérieur par une tête orientable. On procède au réglage de la grosseur des particules par l'injection plus ou moins grande de solution insecticide.

Une grande partie du solvant est volatilisée dans la chambre à combustion, sa condensation rapide à la sortie de l'appareil provoquant la formation d'un nuage de fines particules insecticides dont la concentration est supérieure à celle de la solution initiale. La « trempe » rapide du produit insecticide à la sortie évite une destruction trop grande de celui-ci. Sous l'action de la température, on peut estimer à 20 p. 100 la perte du produit mis en œuvre. Plus le débit d'huile insecticide est grand, plus les particules seront grosses. La grosseur des particules est fonction également de la viscosité de l'huile et de la température de la chambre de combustion.



FIG. 14. — Nébulisateur TIFA.

Cet appareil est maniable et peut être soit tracté, soit placé sur un camion tous terrains.

Nos essais comprennent deux parties :

— une première partie dans laquelle nous recherchons, en modifiant les temps d'émission, à dresser une courbe de mortalité en fonction des doses émises afin de fixer les meilleures conditions d'utilisation de l'appareil ;

— une deuxième partie dans laquelle nous établissons une carte de répartition de l'efficacité d'un traitement réalisé dans des conditions techniques déterminées.

a) Étude de la mortalité en fonction de la dose d'emploi

Nous nous sommes servis comme insectes d'essais, de *Malacosoma neustria* du 1er âge et accessoirement de colonies de Processionnaires du Chêne à raison de 20 individus par lot.

Chaque lot de chenilles a été placé dans une cagette en fil de cuivre

fin à mailles empêchant juste la fuite des insectes. Ces cagettes sont constituées par un cylindre fermé aux deux extrémités par un bouchon de liège maintenu à l'aide de fines épingles. Un fil de cuivre soudé sur une génératrice du cylindre permet la fixation de celui-ci au support (fig. 15).

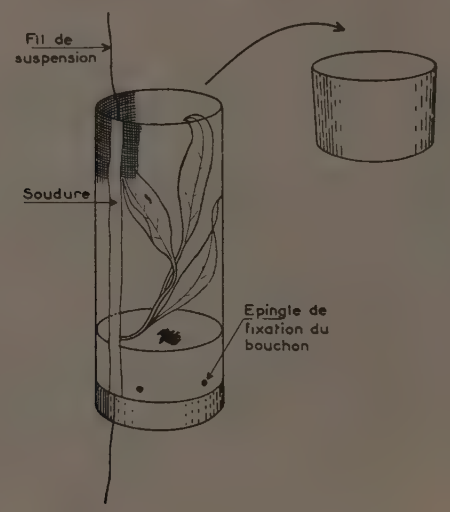


Fig. 15. — Cagettes pour Insectes-test.

Les supports, ici des perches de 4 m sont disposés à 40 ou 60 m du point fixe d'émission, le vent étant dirigé de celui-ci vers les perches. Elles sont groupées par 3 ou 4 et sont éloignées de 10 m les unes des autres, supportant chacune une colonie à leur sommet.

Comme produit, nous avons le plus souvent utilisé le lindane à 8 p. 100 dans l'huile de requin et ce mélange a été dilué à 2 p. 100 dans du fuel domestique au moment de l'emploi. Son efficacité a été comparée avec celle du zeidane technique à 8,8 p. 100 de l'isomère *pp'*.

Pour déterminer la variation de l'efficacité en fonction de la dose d'emploi, on aurait pu recourir à des traitements avec des produits de dilution croissante, la quantité de liquide utilisée restant constante.

Mais cette méthode présentait de sérieux inconvénients en raison des difficultés de vidange de l'appareil et de préparation des différentes solutions. Nous avons préféré utiliser une autre technique qui consistait à faire varier la quantité de substance active émise en adoptant des temps d'émission croissants.

Les temps d'émission retenus ont été de 45, 90 et 180 s. L'expérience a montré que le débit de l'appareil a été de 1 litre à la minute.

Les conditions climatiques enregistrées pendant l'essai, qui eut lieu entre 17 h et 19 h furent : une température de 10 à 12° ; une humidité

relative de 75 p. 100 ; un vent faible d'une vitesse moyenne de 3 km/h (0,8 m/s) mais irrégulier avec une vitesse maximum de 7 km/h. Lors de l'essai n° 2, la température était légèrement plus élevée (1 à 2° environ) avec un vent moyen assez irrégulier.

Après le traitement, les cagettes contenant les chenilles traitées ont été laissées 24 h à l'insectarium à la température de 15° à 16°, humidité relative 50 p. 100 ; le lendemain les colonies ont été placées sur du feuillage frais dans des récipients de verre fermés par une mousseline. Toutes les 24 h les dénombrements de chenilles mortes et vivantes ont été effectués, les chenilles malades étant considérées comme vivantes (tableau VI).

Si nous envisageons les taux de mortalité observés après 24 h, qui mettent bien en évidence les différences d'action, nous constatons que l'efficacité du traitement au lindane est augmentée d'une manière sensiblement linéaire avec le temps d'émission que nous considérerons ici comme la *dose* du toxique (fig. 16). Une semblable relation ne se retrouve pas

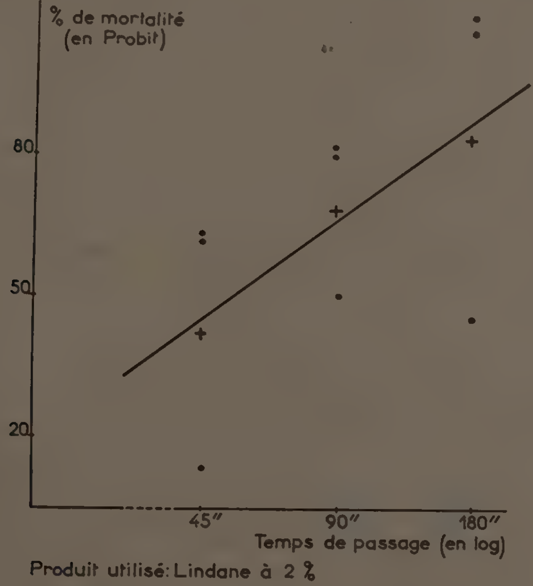


FIG. 16. — Variation des taux de mortalité en fonction des temps d'émissions.

dans le cas du zeidane mais ici, les perturbations dans la répartition du produit dues aux sautes de vent, peuvent être rendues responsables de cette irrégularité. L'hétérogénéité constatée entre les trois lots d'une même mue peut également être en partie causée par ces perturbations.

Si nous comparons les effets après 24 h d'un contact de 110 s à 120 s

Tableau VI

Etude de la mortalité en fonction de la dose d'emploi
Témoin : pas de mortalité

Essai N° 1

Produit	lindane à 2 %											
Temps d'émission	45 secondes				90 secondes				180 secondes			
N° des colonies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Distance : 60 mètres. Pourcentage de mortalité après :												
1 jour	0	20	0	0	10	5	50	5	5	50	85	25
2 jours	0	20	5	0	10	5	60	5	45	85	100	50
3 jours	0											
4 jours	0	20	10	0	25	20	80	15	45	85	—	55
7 jours	0	20	30	5	25	20	80	15	45	85	—	55

N° des colonies	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Distance : 40 mètres.									
1 jour		16	67	80	81	50	95	44	95
2 jours		58	67	100	95	55	100	56	95
3 jours		58	76	100	95	85	100	69	100
4 jours		63	95	—	100	100	—	89	—
7 jours		100	95	—	—	—	—	89	—
Produit	zeidane 8,8 %								
Distance : 40 mètres.									
1 jour	50	60	30	80	90		40	60	16
2 jours	100	90	47	100	100		80	100	16
3 jours	100	90	58	—	—		95	—	42
4 jours	—	100	70	—	—		95	—	42
7 jours	—	—	100	—	—		95	—	42

Essai N° 2

Produit	lindane 2 %								
Temps d'émission	45 secondes			90 secondes			180 secondes		
N° des colonies	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Malacosoma :									
Après 1 jour	15	55	15	55	21	100	73	80	40
Après 2 jours	15	90	20	60	37	100	100	90	80
Processionnaires :									
Après 1 jour	—	—	—	12	30	42	50	69	70
Après 2 jours	—	—	—	35	75	42	75	80	28
Produit	zeidane 8, 8 %								
Malacosoma :									
Après 1 jour	40	51	40	55	60	58	59	40	30
Après 2 jours	70	76	40	85	100	90	95	65	75
Processionnaires :									
Après 1 jour	95	75	73	39	80	53	81	78	58
Après 2 jours	100	100	100	100	100	65	100	100	100

Témoin : mortalité nulle après 1 jour et de 4 % après 2 jours.

avec le brouillard insecticide de lindane et de zeidane, nous constatons que les taux de mortalité sont du même ordre de grandeur.

Or, la concentration du produit en isomère *pp'* n'est que 4,4 fois plus élevée que celle du produit en isomère gamma H. C. H. ; comme le rapport des efficacités est généralement de l'ordre de 10 à 1, *le zeidane s'est par conséquent montré environ deux fois plus actif que le lindane*, ce qui confirme une fois de plus les résultats des nombreux essais faits antérieurement au laboratoire.

Dans l'essai N° 1, les chenilles Processionnaires néonates sont mortes assez rapidement, ce qui donne un terme de comparaison avec les *Malacosoma neustria*. Les efficacités trouvées sur les chenilles de *Malacosoma* sont donc valables, avec une marge de sécurité importante, pour les chenilles néonates de Processionnaires. Dans l'essai N° 2, les chenilles de Processionnaires étaient à la fin du premier âge et ont montré de ce fait une résistance accrue à l'H. C. H. par rapport au premier essai. Un temps d'émission de 1 mn 1/2 et une concentration de 2 p. 100 en produit actif pour le gamma et de 8,8 p. 100 pour le zeidane donne une mortalité totale au bout de 4 jours à une distance de 40 m. C'est sur ces bases que nous avons réalisé la deuxième partie de notre expérimentation.

b) Étude de la mortalité en fonction de la répartition du brouillard

Nous avons réalisé trois expériences, l'une dans la région versaillaise au Bois des Gonards, les deux autres en Seine-et-Oise à Orgerus.

Expérience du Bois des Gonards

Le traitement a été réalisé dans une futaie de chênes le 5 mai 1953, avec l'autorisation de M. Huriaux, Ingénieur des Eaux et Forêts, que nous remercions bien vivement pour son obligeante compréhension de nos travaux.

Des colonies de chenilles du premier stade de *Malacosoma neustria* ont été disposées en des emplacements régulièrement espacés les uns des autres et à trois niveaux dans chacun de ces emplacements,c'est-à-dire, au niveau du sol, à 4 m de hauteur et enfin à la cime des arbres. Dans ce dernier cas, des ballonnets sondes de la météorologie ont été utilisés pour pouvoir monter les colonies. Ces colonies étaient disposées sur des cornets de carton fin pour éviter l'influence des manchons de grillage (fig. 17).

Le traitement a été effectué entre 19 h 50 et 20 h. 10, d'une part le long d'une allée frontale et d'autre part en suivant une allée médiane par rapport à la parcelle de futaie dans laquelle les colonies avaient été disposées. Il a été utilisé une émulsion mixte de zeidane à 20 p. 100 et

d'H. C. H. à 3,5 p. 100 de gamma à raison de 4 l pour 1 l de gas-oil. Le diamètre des particules étant d'environ 20 microns, le débit de l'appareil a été de 0,900 l par émission d'une durée de 1 mn 20 s. ; sur la ligne frontale, les points d'émission étaient séparés de 15 m ; dans l'allée médiane, il y a eu 6 émissions à 50 ou 25 m de distance.



FIG. 17. — Utilisation de cornets de carton.

Les colonies ont été recueillies après traitement et transportées au laboratoire le lendemain matin. Malheureusement, l'un des effets du traitement a été de provoquer une excitation particulière des chenilles qui a amené celles-ci à quitter le rameau sur lequel elles étaient placées. En conséquence, les chiffres obtenus ne sont pas utilisables. Toutefois, comme dans chacun des 6 témoins il n'y a pas eu de mortalité et que les chenilles ont eu un comportement normal, on peut admettre approximativement que le traitement aurait été efficace sur l'ensemble du territoire (environ 5 ha) soumis au traitement, à l'exception peut-être d'une bordure opposée à la direction générale de dispersion du brouillard et dans laquelle il a été retrouvé de 5 à 40 p. 100 de chenilles survivantes.

Une autre constatation intéressante concerne les trois niveaux d'emplacement de chenilles : *les colonies placées à la cime des arbres semblent avoir été aussi touchées que les colonies placées à 4 m de hauteur ou au ras du sol.*

Enfin, il convient de signaler que le sens du déplacement apparent du brouillard peut dissimuler une dispersion rayonnante de particules insecticides autour du point d'émission. En effet, bien que le brouillard ait été entraîné vers l'est au cours des émissions qui ont été faites dans l'allée médiane, il y a eu néanmoins une mortalité appréciable dans les colonies situées à 25 m à l'ouest.

N'ayant pu conclure d'une façon assez précise, nous avons organisé deux expériences nouvelles en utilisant des colonies de chenilles placées

dans les cagettes grillagées déjà décrites et qui n'opposent qu'un obstacle négligeable à la pénétration du brouillard insecticide, étant donnée la ténuité des particules.

Expérience d'Orgerus du mois de novembre 1953. Conditions de l'essai

Nous avons choisi une futaie largement dégagée dont la hauteur des cimes avoisinait 10 m. Elle est située dans la commune d'Orgerus à la Ferme de la Basse-Arnière [1] et présente la double particularité d'être flanquée sur deux côtés de taillis sous-futaie très denses, et d'autre part, d'être entourée sur les quatre faces, de routes ou de chemins praticables au camion portant ou tractant l'appareil de traitement. Cette dernière disposition nous permettait de pouvoir exécuter l'opération prévue quelle que soit la direction du vent ; la présence de taillis nous permettait de vérifier s'ils opposent un obstacle au passage du brouillard.

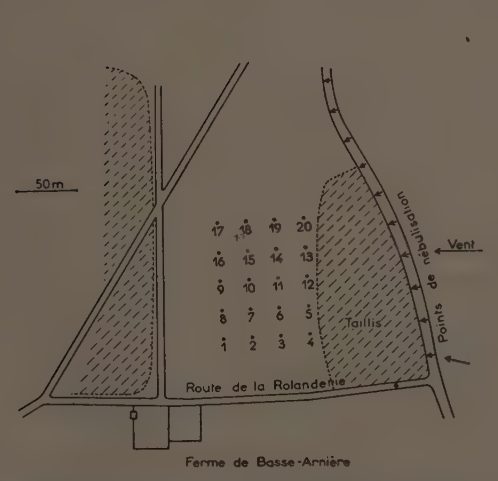


Fig. 18. — Plan de la zone forestière traitée à Orgerus et position des ballonnets (Expérience du mois de novembre). Les numéros correspondent aux numéros des ballonnets.

17	18	19	20
16	15	14	13
9	10	11	12
8	7	6	5
1	2	3	4

Fig. 19. — Distribution des mortalités au bout de 24 h dans la parcelle du traitement d'Orgerus du mois de novembre. Les numéros des parcelles sont ceux des perches correspondant au schéma d'ensemble. Conventionnellement :
— les cases blanches correspondent aux mortalités inférieures à 30 p. 100.
— les cases rayées 5 fois correspondent aux mortalités de 30 à 50 p. 100.
— les cases rayées 10 fois correspondent aux mortalités de 50 à 70 p. 100.

Un rectangle de 100 × 75 m est délimité à l'intérieur du bois (fig. 18). Les cagettes sont disposées selon un système de coordonnées rectangulaires à 25 m les unes des autres, et montées à une hauteur d'environ 10 m à

[1] Nous sommes très reconnaissants à M. De Villenave d'avoir obligeamment mis sa propriétée à notre disposition, et nous devons à la courtoisie de la Société Vapox d'avoir pu utiliser un équipement complet de traitement (nébulisateur et véhicule tracteur) autant que cela fut nécessaire.

l'aide de ballons-sondes. Le côté droit du dispositif est séparé de la route où le traitement a été effectué par une distance moyenne de 100 m.

Nous avons utilisé 8 l de solution de gamma H. C. H. dans l'huile de requin titrant 8 p. 100 de M A et complété à 30 l par du fuel domestique.

La surface traitée totale est de 4 ha, c'est-à-dire que la dose d'emploi a été de 160 g de gamma par hectare. Le brouillard insecticide a été émis par points fixes : 10 postes d'émission étaient échelonnés de 30 m en 30 m le long de la vicinale N° 2. Chaque émission durait 1 mn 1/2, temps retenu à la suite des essais préliminaires.

La température était assez basse, aux environs de 6°, l'humidité maximum avec un brouillard limitant la visibilité entre 20 m et 50 m. Le vent était pratiquement nul 0,10-0,40 m/s. L'expérience ayant duré 30 mn, les premières particules de brouillard ont parcouru environ 300 m au maximum.

Expérience d'Orgerus du mois de novembre 1953. Résultats obtenus

Les colonies sont placées après 24 h au moment du premier dénombrement sur du feuillage frais (pommier), les rameaux sont entourés de collerettes talquées pour éviter la fuite des chenilles. Les témoins n'ont pas été affectés par le talc. Cependant, dans les essais ultérieurs, nous avons préféré isoler les colonies en ventouses fermées par un verre de montre.

Nous donnons dans le tableau VII l'ensemble des résultats exprimés en arc sin $\sqrt{\ }$ p. 100 et, entre parenthèses, les pourcentages de mortalité pour les différents lots de chenilles. Au bout de 24 h et selon la méthode d'interprétation statistique exposée plus haut, la mortalité est en moyenne de 40 p. 100 ; au bout de 48 h. la mortalité dépassait 60 p. 100 ; après le troisième jour, nous avons rejeté les résultats par suite de mortalités accidentelles dans les témoins.

Seules les chenilles des lots 17 et 18 ont conservé la faculté de tisser des nids comme celles du témoin, tandis que toutes les autres se dispersaient ; ce dernier comportement, anormal par rapport au témoin, est un très net indice d'intoxication caractéristique comme nous l'avions constaté à nos dépens après l'expérience du Bois des Gonards.

Des lots de Processionnaires du Chêne placés au centre du dispositif à 1 m du sol environ ont parfaitement résisté ; il s'agissait de chenilles à la fin du 1er âge qui n'étaient pas placées sous cagette métallique. Comparativement, des lots de *Malacosoma* placés dans les mêmes conditions sont morts complètement après 5 j d'observation.

Nous avons essayé de voir s'il y avait une influence nette de la distance des colonies à la ligne de traitement sur la mortalité. L'analyse

Tableau VII

Résultats des traitements à Orgerus au mois de novembre

N° des lots	Observations après 1 jour		Observations après 2 jours	
	Arc. sin $\sqrt{\ }$ p. 100	Pourcentage de mortalité	Arc. sin $\sqrt{\ }$ p. 100	Pourcentage de mortalité
1	22,8	15	39,8	41
4	39,2	40	67,1	85
	33,2	30		
5	33,2	30	54,9	67
	31,3	27		
6	36,3	29	46,2	52
7	67,2	85	90	100
8	22,8	15	39,2	40
	23	14		
9	45	50	37,5	37
	34,5	32		
10	62	78	49,6	58
	22,8	15		
11	37,5	37	35,0	33
	22,8	15		
12	27,6	20	46,2	52
	54,3	66		
13	62,7	79	59,3	74
	36,8	36		
14	50,8	60	47,9	55
15	45,0	50	52,0	62
	45,0	50		
16	48,0	55	62,7	79
	22,8	15		
17	10,4	10	36,2	35
	26,6	20		
18	26,6	20	33,8	31
	38,0	38		
19	45,0	50	58,0	72
	49,6	58	54,9	67
20	45,0	50		
	49,6	58		
T		2		25

statistique (1) indique qu'il était impossible de dissocier dans la dispersion des mortalités des lots l'effet dû au traitement de l'effet de la variation propre des lots, autrement dit que le traitement était moins hétérogène que le matériel biologique.

En conclusion, l'*essai montre que, pour la dose employée, le produit a été réparti d'une façon assez homogène sur les 4 ha contrôlés* (fig. 19). Si l'efficacité a été satisfaisante sur *Malacosoma*, par contre, elle ne l'a pas été sur les Processionnaires du Chêne en fin du 1er stade, conformément aux indications fournies par les essais de laboratoire pour les doses subléthales volontairement retenues ici. Enfin, nous avons constaté que le taillis ne constituait pas un obstacle sérieux à la pénétration du brouillard.

(1) Cette analyse a été conduite exactement de la même façon que dans le cas de l'émission de brouillard avec le procédé Saint-Gobain et selon les conceptions d'interprétation biométrique de M. J. Arnoux dont nous avons apprécié l'obligeance amicale et les conseils éclairés.

Expérience d'Orgerus du mois de mars 1954

Un troisième essai a été effectué au mois de mars par beau temps avec des chenilles qui n'étaient pas élevées à contre-saison comme dans l'expérience précédente. En effet, on aurait pu craindre que des chenilles artificiellement mises à éclore en automne et transportées à 6° en plein air, soient beaucoup plus sensibles et que les lots subissent des mortalités exagérées. D'autre part, le brouillard et l'absence totale de vent et d'ascendance avaient été particulièrement favorables à l'action du traitement de novembre 1953.

En outre, la dose à l'hectare a été réduite à 135 g de gamma au lieu de 160 g et les colonies ont été disposées à 4 m de hauteur sur des perches au lieu d'être élevées jusqu'à 10 m à l'aide des ballonnets, selon un dispositif expérimental identique au précédent (fig. 20). Après le traitement, les colonies de chenilles ont été placées en observation au laboratoire en leur offrant du feuillage d'Aubépine blanche au lieu de Pommier.

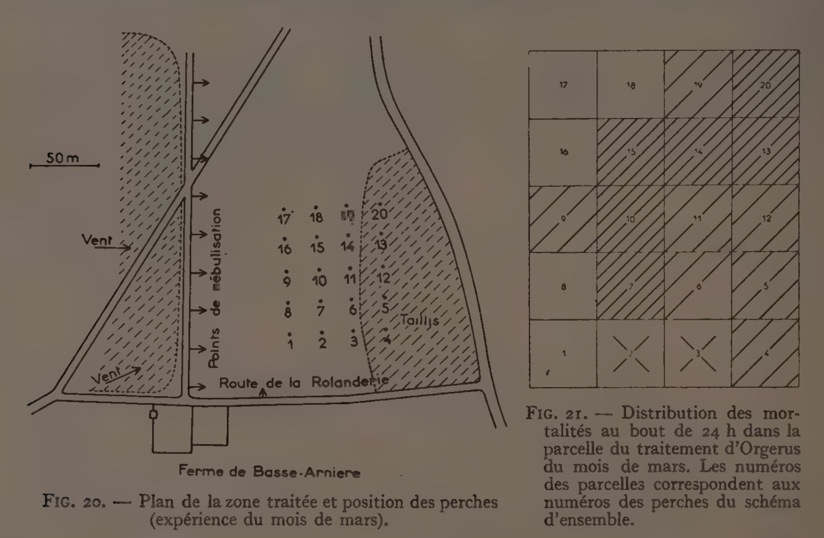


FIG. 20. — Plan de la zone traitée et position des perches (expérience du mois de mars).

FIG. 21. — Distribution des mortalités au bout de 24 h dans la parcelle du traitement d'Orgerus du mois de mars. Les numéros des parcelles correspondent aux numéros des perches du schéma d'ensemble.

Les résultats sont présentés dans le tableau VIII. La mortalité moyenne au bout de 24 h a été de 40 p. 100 environ et ne diffère pas de celle observée au mois de novembre ; par contre, la répartition est nettement différente, l'homogénéité des résultats est moins bonne et s'explique par la hauteur moindre des colonies et par un vent un peu plus fort (fig. 21).

Il faut insister sur le fait que cette série d'expériences a été réalisée en vue d'obtenir des indications sur la régularité des mortalités que l'on

Tableau VIII

Résultats du traitement TIFA de mars 1954 à Orgerus
Augmentation des pourcentages de mortalités des colonies de 20 *Malacosoma* en fonction du temps.

Nº des colonies	Temps d'observation (en jours)					Mues	*Remarques*
	1	2	3	4	7		
1.......	20	20	20	20	20		
1.......	10	25	25	25	30	4	Formation de nids.
2.......	10	10	16	16	16	5	Chenilles vigoureuses.
2.......	0	0	5	5	5	14	Formation de nids.
3.......	16	28	30	44	44		
3.......	0	0	0	5	5		
4.......	5	5	5	5	5	9	Formation de nids.
4.......	10	10	10	20	20	1	
5.......	5	5	5	5	5		
5.......	5	5	15	20	20		Formation de nids.
6.......	20	20	20	25	40	1	Chenilles dispersées.
6.......	5	5	5	10	10	2	
7.......	21	32	32	32	40		
7.......	20	20	25	35	55		
8.......	85	85	95	95	100		
8.......	45	65	65	65	70		
9.......	38	90	90	90	90		
9.......	75	91	95	96	96		
10.......	65	85	85	100	100		
10.......	55	55	81	100	100		
11.......	57	57	74	79	79		
11.......	55	59	63	77	77		
12.......	50	68	68	68	68		
12.......	7	33	33	52	52		
13.......	15	25	50	65	80	1	
13.......	74	92	90	90	90		
14.......	20	60	60	70	70		
14.......	12	12	30	40	40		
15.......	50	60	60	60	60		Formation d'un nid.
15.......	50	65	80	80	85		
16.......	11	43	68	80	80		
16.......	42	68	68	85	85		
17.......	5	5	5	10	10	7	
17.......	20	20	27	35	35	3	
18.......	45	50	55	85	85		
18.......	52	68	73	100	100		
19.......	15	15	20	20	25		Formation d'un nid.
19.......	19	19	24	45	45		
20.......	45	70	70	85	85		
20.......	9	14	20	20	20	5	Formation d'un nid.
T 1	0	0	0	0	5	19	Toutes les chenilles ont mué
T 2	0	0	0	0	0	20	normalement et se grou-
T 3	0	0	0	0	0	20	pent en nids compacts.

peut attendre d'un traitement effectué sur une grande échelle. Notre échantillonnage n'a porté que sur une petite partie du massif effectivement traité, et à la limite extrême prévue pour l'appareil en fonction de nos premiers essais. Ce fait doit être pris en considération si on veut extrapoler les résultats à l'ensemble du traitement.

VI. — CONSIDÉRATIONS BIOLOGIQUES ET FAUNISTIQUES

La méthode expérimentale dont nous avons exposé les caractéristiques permet de préciser les conditions à réunir pour qu'une émission de brouillard insecticide obtienne une efficacité satisfaisante contre un insecte donné. Mais nous n'avons pas, jusqu'à présent, tenu compte des conséquences possibles de l'intervention chimique sur le milieu vivant de la Forêt, aux époques où le ravageur peut être le plus facilement atteint et détruit.

Une de nos préoccupations essentielles a été de prévoir les effets des traitements, d'abord sur les auxiliaires naturels (parasites et prédateurs) s'attaquant au défoliateur visé, puis sur l'ensemble de la faune.

1° CONSÉQUENCES SUR LES PARASITES ET PRÉDATEURS DE L'INSECTE PHYTOPHAGE A COMBATTRE

Les considérations précédemment exposées nous ont conduit, dans le cas de la Processionnaire du Chêne, à choisir comme période d'intervention la fin des éclosions printanières. Quel est à ce moment le sort des principaux ennemis du ravageur ?

Le parasite le plus important de *Thaumetopoea processionea* L. dans la région parisienne, est la Tachinaire *Carcelia processioneae* RATZ. Cette espèce hiverne à l'état de larve mûre en diapause à l'intérieur de la dépouille de l'hôte, dans le nid de nymphose ; la pupaison a lieu au printemps et les adultes attaquent les chenilles à partir de leur troisième stade larvaire.

A la fin de la période d'éclosion des chenilles de Processionnaires, les *Carcelia* sont à l'état de pupes dans les nids et échappent de ce fait aux conséquences du traitement, à condition que la toxicité des dépôts sur les nids ne persiste pas plus de 10 jours ce qui est précisément le cas lorsqu'on utilise les techniques étudiées ici.

Dans le cas de la Processionnaire du Pin, le parasite larvaire le plus intéressant est la Tachinaire *Phryxe caudata* ROND (*P. secunda* BB). Les adultes de la première génération de cette espèce attaquent les chenilles du 3e stade ; cependant, nous avons observé aussi des pontes sur chenilles du 2e âge dans la région des Landes de Gascogne. Ces adultes proviennent de pupes formés dans le sol par des asticots qui se sont développés dans les chenilles du 5e âge du ravageur. Au moment de leur éclosion, bien des pontes de *T. pityocampa* n'ont pas encore éclos (du fait de l'échelonnement important des éclosions). Il est donc difficile d'éviter de détruire un certain nombre de *Phryxe* si l'on veut toucher la totalité des jeunes chenilles.

De plus les parasites des œufs jouent dans la régulation des popula-

tions de Processionnaires du Pin un rôle beaucoup plus considérable que dans le cas de la Processionnaire du Chêne. Or, une partie des adultes d'*Ooencyrtus pityocampae* MERCET sort des œufs parasités au cours de la période d'éclosion des chenilles (l'autre partie de la population hiverne à l'état de larve dans les œufs). Là encore, ainsi que pour certains *Trichogramma* s'attaquant aux mêmes pontes, des entomophages utiles risquent d'être détruits. Il ne faut pas non plus sous-estimer l'importance de certains prédateurs non spécifiques comme *Formica rufa* L. (GOSSWALD 1951, 1952 (26-27)), (PAVAN 1951 (53)).

Un autre facteur très important doit être pris en considération ; non seulement le respect des parasites et prédateurs nécessite le choix d'une période d'intervention déterminée dans le cours du cycle annuel de l'espèce à combattre, mais il impose aussi de choisir judicieusement le moment de l'application chimique en fonction du cycle de pullulation du ravageur.

C'est au moment des plus gros dégâts, lorsque la population du phytophage est à son maximum, que l'action des facteurs naturels de régression, et en particulier celle des entomophages, commence à prendre une grande importance qui apparaîtra plus ou moins brutalement dans les années suivantes. Toute intervention inopportune à cette période risque de retarder, parfois considérablement, la régression naturelle.

Il convient donc de placer l'intervention chimique au moment le plus favorable de la première année de progradation, lorsque les dégâts du ravageur commencent à devenir appréciables, ce qui exige une surveillance constante des populations de phytophages et l'établissement de prévisions d'infestation, ainsi que nous l'avons exposé au début de ce mémoire.

2° CONSÉQUENCES SUR L'ENSEMBLE DE LA FAUNE

Pour pouvoir apprécier les conséquences des applications insecticides sur l'ensemble de la faune des lieux traités, il aurait fallu connaître qualitativement et quantitativement les populations en présence avant et après traitement.

Pour nous renseigner sur ce point, nous avons essayé un certain nombre de méthodes :

a) Procédés d'échantillonnage de la faune vivante

Traitements insecticides limités réalisés sur de petites surfaces avec les produits les plus actifs et à dose massive.

Nous avons utilisé pour cela un petit émetteur de « fumée insecticide » que nous placions sous des arbres isolés ou au centre de certains

taillis (fig. 22). Il est impossible par cette méthode de tuer immédiatement tous les insectes présents dans un biotope donné. La méthode utilisée par E. COLLYER (1950 (18)) pour les études de faune en verger est plus sûre car l'arbre échantillonné est au préalable entouré d'écrans à l'intérieur desquels se fait la fumigation insecticide. Malheureusement un tel procédé qui demande une main-d'œuvre nombreuse, est inapplicable en forêt.



FIG. 22. — Petit émetteur de fumée insecticide utilisé pour échantillonnage de la faune.

De plus, au cours des ramassages, il est impossible de faire la différence entre les insectes intoxiqués au moment de l'émission et dont la mort a été tardive, de ceux qui, venant de l'extérieur, sont tués à leur arrivée par le dépôt insecticide.

b) Échantillonnage à l'aide de divers pièges

Pièges lumineux. — Ce procédé déjà utilisé par l'un de nous à Etrépagny lors des traitements contre les Hannetons (BILIOTTI, 1950 (7)), donne une idée de la réduction brutale de certaines populations après l'intervention chimique. Malheureusement « l'échantillon » ainsi prélevé ne représente qu'une faible partie de la faune ; en particulier, la plupart des entomophages ne sont pas capturés au piège lumineux. Parmi les Hyménoptères parasites, les captures ne portent guère que sur les *Ichneumonides* (principalement *Ophioninae*) et quelques *Braconides* ; on ne trouve

que très exceptionnellement des *Chalcidiens* et des *Proctotrypides*. Nous n'avons pas non plus capturé de Tachinaires parasites de Processionnaires par ce mode de piégeage dans des forêts où elles étaient présentes en grand nombre.

Piège à appâts. — Nous n'avons guère développé ce mode de piégeage et n'avons utilisé qu'un seul type d'attractif (fruits). Notons que les adultes de la génération estivale de l'une des Tachinaires parasites de la Processionnaire de Chêne (*Ctenophorocera pavida* MEIG) sont capturés par cette méthode.

Piège à aspiration mécanique. — Nous avons utilisé un aspirateur de type ménager, muni d'un manchon spécial de capture et fonctionnant grâce au courant électrique fourni par un petit groupe électrogène. Cette méthode donne des résultats très intéressants pour l'étude de certains biotopes particuliers mais demanderait de très nombreux pièges et un grand nombre de points de capture pour échantillonner la faune d'un peuplement forestier même réduit.

c) Analyse critique des mortalités

L'appréciation forcément incomplète qui découle de l'application des méthodes précédemment décrites ne permet que de donner une idée d'ensemble sur l'évolution de la faune des lieux traités. De nombreux auteurs en particulier NOVAK (1953 (50)) (poudrage de lisières à l'H. C. H.), WIESSMANN et GASSER (1950 (72)) (traitements aériens de lisières au D. D. T.), HOFFMANN et MERKEL (1948 (40)) (traitements aériens de forêts) ont montré l'importante mortalité provoquée par une intervention insecticide et le rétablissement progressif des diverses populations, tout au moins lorsque les doses employées ne dépassaient pas une certaine limite et lorsqu'il existe, à proximité, des zones épargnées par le traitement.

Il est cependant possible que certaines espèces manifestent à plus ou moins brève échéance des fluctuations importantes que l'on puisse attribuer aux interventions chimiques. Pour essayer de les prévoir, nous avons multiplié les ramassages sur papiers et sur bâches, d'insectes tués par les traitements et recherché, parmi ces derniers, les espèces intéressantes, ainsi que cela a été pratiqué par la plupart des entomologistes ayant eu l'occasion de contrôler des applications insecticides en forêt.

Cette méthode ne nous renseigne que très imparfaitement puisqu'elle ne permet pas de connaître l'importance relative des populations survivantes et leur possibilité d'action dans l'avenir ; elle nous a cependant permis de mettre en évidence plusieurs faits intéressants.

Dans le cas des traitements contre la Processionnaire du Chêne, nous avons noté des mortalités importantes de Diptères : *Tipulidae, Culicidae, Empididae, Muscidae,* et quelques *Tachinidae* (non associées à *Th. processionea* pour les traitements réalisés aux dates prescrites) ; de Coléoptères : *Silphidae, Telephoridae, Elateridae, Curculionidae, Carabidae* (*Dromius*), *Staphylinidae, Coccinellidae* (dans les traitements au zeidane principalement), *Ptinidae,* etc. ainsi qu'un nombre assez important d'Hyménoptères : *Apidae, Cynipidae, Chalcidoidea* et *Ichneumonoidea* ; également quelques *Capsidae* (Hétéroptères) par places et de nombreux Trichoptères en un point. Parmi toutes les espèces ramassées certaines appartiennent aussi bien au complexe de la Processionnaire du Chêne qu'à celui d'autres ravageurs forestiers ; chez les Coléoptères : *Xylodrepa* (*Silpha*) *quadripunctata* SCHR. est prédateur des Processionnaires, *Ptinus sexpunctatus* vit dans les nids.

Les *Coccinellidae* étaient probablement prédateurs d'Acariens pullulant en grand nombre sur la plupart des Chênes dans la zone traitée.

Chez les Hyménoptères, les espèces entomophages récoltées sont généralement sauf *Pimpla pomorum* RATZ et *Pimpla brassicariae* PODA., des parasites d'insectes n'ayant pas d'intérêt économique et chacune d'elles n'est représentée que par un nombre restreint d'individus.

Une seule est associée à la Processionnaire : *Monodontomerus aerus* WALK. Ce Chalcidien qui joue parfois un rôle important comme parasite de Tachinaire, hiverne dans les nids de *T. processionea* à l'état d'adulte et les traitements de printemps le détruisent en grand nombre (BILIOTTI, 1951 (8)).

Au cours des traitements contre la Processionnaire du Pin, les ramassages d'insectes morts varient beaucoup suivant les localités. En général, très peu d'individus ont été récoltés dans la région des Landes de Gascogne tandis que la faune touchée était plus nombreuse et variée dans les traitements réalisés à Lunel (Hérault). Dans cette localité de nombreux Chalcidiens ont été retrouvés parmi lesquels *Habrocytus obscurus* DALM. et *Conomorium eremita* FOERST qui sont peut-être des hyperparasites associés à la Processionnaire ; *Pachyneuron formosum* WALK) parasite de Syrphides, ainsi que des parasites de Pucerons (*Anaphes vulgaris* WALK) et de Cochenilles (*Phaenodiscus aeneus* DALM. un *Microterys*, etc.). De plus, il faut citer des Bethylides (*Bethylus* sp.). La plupart des espèces étaient représentées par plusieurs dizaines d'individus sur les surfaces de ramassage.

Sans que nous puissions conclure sur ces quelques observations, il nous paraît intéressant de souligner les risques plus graves encourus, lorsque des populations d'auxiliaires sont en pleine activité au moment des traitements, ce qui était manifestement le cas pour plusieurs des espèces recueillies à Lunel en 1951 (GRISON et BILIOTTI, 1954 (33)).

VII. — DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Les caractéristiques des procédés d'émission de brouillards insecticides en forêt précisées par une méthode expérimentale rendue plus rigoureuse grâce à l'application de l'analyse statistique nous permettent de déterminer les normes d'emploi de ces techniques, selon les ravageurs à combattre et les cadres des opérations de traitement.

En particulier, la dose d'utilisation d'un produit qui varie selon l'espèce nuisible peut dépendre à la fois du milieu forestier considéré (peuplement dense ou clairsemé, parc, domaine boisé, etc.) et des exigences économiques qui sont afférentes à ce milieu (GRISON, 1954 (29)).

Ainsi, nous avons eu l'occasion de contrôler un traitement au Lion d'Angers où, les considérations faunistiques n'intervenant pas, seuls les caractères de fréquentation du parc par le public posaient des exigences d'éradication totale qui nous autorisaient à tolérer exceptionnellement l'augmentation des doses d'emploi de produit insecticide.

Dans les cas de peuplements forestiers, où les conditions économiques de l'exploitation nécessitent l'abaissement de la dose d'emploi au voisinage de la quantité minimum efficace (voir chap. IV, 3°), il est évident que l'*homogénéité de la distribution du produit est la qualité fondamentale de l'application.*

Notre étude correspondait à ce souci de mise au point et nous essayerons d'en dégager quelques conclusions d'ordre technique, après avoir évoqué diverses remarques sur la valeur des méthodes expérimentales proposées.

1° Intérêt et valeur de la méthode expérimentale proposée

Le phytopharmacien et l'entomologiste agricole tendent de plus en plus à substituer à l'extrapolation empirique des essais standards de laboratoire pour l'appréciation de l'efficacité d'un produit pesticide, la précision de l'expérimentation rigoureusement préparée et réalisée dans le cadre même de l'objectif à atteindre.

L'expérimentation, par opposition à l'application empirique, suppose la connaissance ou la recherche des multiples facteurs qui, par leur importance particulière ou leur interdépendance, interviennent dans la variabilité du résultat final et par conséquent dans le degré de signification de celui-ci. C'est en cela que réside la précision de l'expérimentation et c'est en adaptant des méthodes statistiques propres à chaque objet d'expérience que le biométricien contrôle la limite et la portée de ce degré de précision.

Dans le travail que nous venons de présenter, nous avons, avant de procéder à l'étude expérimentale, essayé d'analyser les différents facteurs

qui interviennent simultanément au cours de l'application : climat, biotope, éthologie des chenilles, sensibilité spécifique, mode d'action du toxique, forme de dispersion des produits, date d'application, appareil de distribution... et nous avons montré que, pour une dose d'emploi donnée, les caractères de plus ou moins grande homogénéité de distribution du produit au cours d'une application, pouvaient être évalués, en fin de compte, en fonction des pourcentages de mortalité obtenus dans une série d'échantillons d'insectes-tests convenablement répartis.

De toute évidence, la valeur de notre méthode expérimentale est essentiellement fournie par la qualité du matériel biologique utilisé dans l'échantillonnage. Comme nous l'avons indiqué au chap. IV, 6° — l'élevage normalisé des chenilles de *Malacosoma neustria* L., par les soins de M. Silvestre de Sacy, après plusieurs années d'efforts, nous garantissait l'homogénéité de l'échantillonnage. Cependant, on ne peut éviter une certaine variabilité individuelle dans la réaction des insectes au traitement, et cette variabilité, inhérente à tout organisme vivant, est une nouvelle raison du recours à l'interprétation statistique.

Ainsi considérée, nous pensons que la méthode expérimentale utilisée, présente l'avantage de réduire au minimum les exigences matérielles lors des essais sur le terrain et permet :

— de comparer l'*efficacité moyenne pratique* de plusieurs produits insecticides ;

— de déterminer la *dose d'emploi* de chacun d'eux ;

— de préciser les *caractères de la distribution du produit* en forêt pour chaque technique d'application susceptible d'être envisagée.

Mais notre étude demeure très incomplète en ce qui concerne l'appréciation du rôle de quelques facteurs controversés par défaut d'information objective.

L'un d'eux, la *sensibilité spécifique relative* des insectes tests et du ravageur à combattre, aurait pu être étudié assez aisément si nous avions disposé de moyens plus importants. Car, si nous avons déterminé au laboratoire la différence de réaction à diverses substances des chenilles de *Malacosoma neustria* L. et de *Thaumetopoea processionea* L. de même stade, il aurait été intéressant de contrôler si, dans les conditions naturelles, cette différence de sensibilité est constante.

Par ailleurs, nos essais préalables en chambre à fumigation, dont les résultats de l'un d'entre eux ont été rapportés, ont mis en évidence une *relation entre la concentration en matière active et le délai d'action* d'un brouillard insecticide. Il eût été souhaitable d'en vérifier plus complètement le degré de signification dans la nature et, bien qu'ayant recueilli en outre de nombreux faits d'observation, nous estimons qu'il eût fallu consacrer à cette question une série d'applications expérimentales pour conclure valablement.

Nos observations nous permettent cependant d'énoncer quelques règles pratiques d'application que nous rappellerons ci-dessous.

La répétition des essais sous diverses *conditions climatiques*, notamment par la réalisation d'opérations simultanées en différentes régions ou en massifs forestiers topographiquement différents, aurait permis de mieux distinguer, parmi les facteurs liés à la climatologie générale ou au climat local, ceux qui favorisent la pénétration des brouillards insecticides et le succès de l'opération phytosanitaire. Dans ce domaine, l'empirisme et l'appréciation subjective président encore au choix des moments de l'intervention chimique.

Ces suggestions d'étude expérimentale sont en accord avec les vœux émis à la suite du colloque tenu par le Comité Européen de Zoologie Agricole dans le cadre du IIIe Congrès International de Phytopharmacie sur « les conséquences biotiques des traitements pesticides (17) ». Il ne serait pas vain d'engager quelques dépenses dans les recherches, pour pouvoir économiser certains gaspillages de produits toxiques dus à l'insuffisance des connaissances de certaines normes d'emploi et des conditions d'utilisation de ceux-ci dans la nature.

2° Caractères essentiels d'une application en forêt

Il ne fait aucun doute, qu'en raison même des suggestions précédentes, l'*élément fondamental à considérer dans une application insecticide en forêt est l'homogénéité de la distribution du produit.*

Or, nos essais, et plus particulièrement celui du bois des Gonards, ont montré qu'il fallait se garder d'apprécier cet élément sur la simple constatation visuelle de la dispersion du brouillard insecticide, surtout celui émis par le nébulisateur TIFA. En effet, le brouillard visible est généralement donné par le support du mélange insecticide (par le gasoil dans le cas du TIFA) tandis que les particules de matière active, peu ou pas visibles, peuvent se comporter d'une manière indépendante après l'émission.

Il y aurait encore dans ce domaine, d'importants sujets d'études à entreprendre. Quoiqu'il en soit l'intoxication des chenilles de colonies-tests situées à l'opposé de la direction prise par le brouillard visible justifie cette manière de voir.

Malgré ces difficultés, nous avons pu conclure à une dispersion suffisamment homogène du produit à l'aide des procédés que nous avons expérimentés.

En second lieu, l'application en forêt, comme toute application pesticide, doit répondre à certaines normes qui ont été analysées dans ce mémoire et sur lesquelles nous ne reviendrons pas. Mais en fin de compte, elles doivent permettre d'obtenir une efficacité moyenne pratique qui peut être préalablement fixée en fonction des contingences économiques.

Dans ce dernier cas, nous devons attirer l'attention des forestiers et sylviculteurs contre une réduction trop importante des doses d'emploi susceptible de faire tomber l'efficacité moyenne pratique dans une marge de 60 à 75 p. 100. En effet, un fort contingent de ravageurs (vraisemblablement les plus vigoureux) serait ainsi épargné, tandis que la quasi-totalité des insectes entomophages présents serait anéantie.

Pour satisfaire à différentes exigences, nous avons établi par l'expérience et pour les produits utilisés ici, que l'*émission d'un brouillard insecticide* avec l'appareil Saint-Gobain, comme avec l'appareil TIFA, *devait être faite à partir d'une série de points fixes*. L'espacement de ceux-ci est déterminé par la nature du terrain et les conditions de recouvrement des brouillards successifs à partir d'une cinquantaine de mètres du front d'émission. Le temps d'émission en chaque point est fixé au cours d'un essai préalable, et il dépend de la concentration du produit, de la dimension des particules, de la nature du solvant, du débit de l'appareil et de la vitesse de translation des particules en fonction de la vitesse du vent et des conditions atmosphériques, *afin que les insectes subissent un contact suffisamment prolongé avec le brouillard insecticide*.

En dernier lieu, nous devons revenir sur les préoccupations de l'écologiste, d'un point de vue essentiellement économique, sur les conditions des applications liées aux caractères des gradations.

Nous ne pouvons pas nous référer, dans ce domaine, à l'expérience, car celle-ci demande à être poursuivie pendant au moins un cycle de gradation, c'est-à-dire pendant de nombreuses années.

Les applications en forêt, contrairement aux opérations de protection des végétaux en agriculture intensive, ne se conçoivent que *très irrégulièrement et seulement au cours des gradations de grande amplitude*. Il serait donc logique de penser qu'elles devraient être précédées d'une étude biocénotique méthodique permettant de prévoir l'année de la pullulation maximum du ravageur afin d'intervenir avant même que celle-ci ne se produise.

Dans l'état actuel des connaissances dans ce domaine, nous pouvons émettre l'idée que le traitement, pour être le plus efficace, devrait être fait au moment où la courbe du niveau de population du ravageur se relève pour atteindre la période de progradation ; c'est-à-dire lors d'une année pendant laquelle insectes et dégâts sont peu apparents.

Si nous prenons l'exemple de la gradation de *Lymantria dispar* L. qui a sévi de 1951 à 1953 dans la suberaie de Porto-Vecchio et qui a sollicité la mise en œuvre d'essais limités de brouillards insecticides de la part de la Conservation des Eaux et Forêts de Corse en 1953 et 1954, nous sommes amenés à penser que l'extension de telles applications sur une très grande surface, aurait pu provoquer une abondante destruction du prédateur *Calosoma sycophanta* L. Celui-ci qui passait inaperçu au début de la période

de pullulation des chenilles, s'est brusquement manifesté en 1954 pour réduire à néant la gradation ; toute intervention inopportune risquait de maintenir à un niveau critique la population du ravageur.

Autant les armes qu'invente l'Homme pour réduire la part de déprédations commises par ses ennemis phytophages, doivent être perfectionnées sans relâche, autant la portée et les limites de leur emploi doivent être rigoureusement expérimentées afin d'en autoriser l'usage avec discernement.

Reçu pour publication le 31 janvier 1955.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) ANDROIC (M.). — Borov prelac-gnjezdar (*Cnethocampa pityocampa* SCHIFF) i njegovo suzbijanje (*Annuaire de l'Institut Biologique*, Sarajevo, **3**, 237-258, 1950).

(2) ANDROIC (M.). — Otpornost guvarevih gusjenica prema parathionu i pantakanu (Stadij 1-4) (*Sumarski List*, **75**, 181-193, 1951).

(3) ARNOUX (J.) et GRISON (P.). — Evaluation de l'efficacité insecticide d'un produit pesticide en forêt. (*C. R. IIIe Congr. Intern. Phytoph.* Paris, 1952, 202-209, 1954).

(4) BADOUX (E.). — Notes sur la production du Mélèze (*Annales de l'Institut Fédéral de Recherches Forestières*, Zurich, **28**, 209-270, 1952).

(5) BALACHOWSKY (A.). — La faune des insectes de nos forêts et ses rapports avec les grands problèmes forestiers. (*Ligue Nat. contre les Ennemis des cultures*, Paris, 20 mars 1941).

(6) BALACHOWSKY (A.). — Avantages et défauts des insecticides organiques de synthèse. (*Symposium Phytoph. Gand*, 270-278, 1951).

(7) BILIOTTI (E.). — Incidences des traitements aériens contre les Hannetons sur la faune entomologique (*C. R. Ac. Agric.*, **36**, 725-729, 1950).

(8) BILIOTTI (E.). — Remarques biologiques sur *Monodontomerus aereus* WALK. (Hym. Torymidae). (*Rev. Zool. Agric.* et *Appl.*, **7/9**, 49-50, 1951).

(9) BILIOTTI (E.). — Traitements insecticides et ruptures d'équilibres biologiques (*Conférence de la Maison de la Chimie*, le 4 mars 1952, Centre de Perfectionnement Technique, fasc. nº 2789).

(10) BILIOTTI (E.). — Difficultés rencontrées dans la détermination des périodes d'interventions contre les Processionnaires du Chêne et du Pin (*Rev. Path. Veg. Ent. Agric.*, **21**, 115-120, 1952).

(11) BILIOTTI (E.). — Importance et signification des arrêts de développement au stade nymphal chez *Thaumetopoea processionea L.* (*C. R. Ac. Sc.*, **236**, 1703-1705, 1953).

(12) BILIOTTI (E.), GRISON (P.) et SILVESTRE de SACY (R.). — Observations sur le cycle évolutif de la Processionnaire du Pin (*Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF.) (Lep. Notodontidae). (*Bull. Soc. Ent. Fr.*, **58**, 30-32, 1953).

(13) BINAGHI (G.). — Nuovi mezzi di lotta contro la Processionaria dei Pini (*Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF.) (*Lep. Thaumetopoeidae*) (*Mem. Soc. Ent. It.*, **26**, fasc. suppl. : 41-47, 1947).

(13 *bis*) BRESCIA (F.), WILSON (I. B.). — Aerosols generators as used for Sand Fly control. (*J. Ec. Ent.*, **40** (3), 316-320, 1947).

(14) BROWN (A. W. A.). — Insect control by chemicals (817 pp., Chapman, New-York 1951).

(15) CHEVALLIER (M.) et FAURE (R.). — Traitement par poudrage contre la Chenille processionnaire du Chêne (*Phyt. Phytoph.*, **2** (3), 89-94, 1953.

(16) CHRISTY (H. R.). — Vertical temperature gradients in a Beech forest in Central Ohio. (*Ohio Journ. Sci.*, **52**, 199-220, 1952).
(17) Colloque du Comité Européen de Zoologie Agricole sur les conséquences biotiques des traitements pesticides (*III*e *Congr. Intern. Phytoph.* Paris 1952).
(18) COLLYER (E.). — A method for the estimation of insect populations on fruit trees. (*Rep. East Malling Res. Sta. for 1950*, 141-147, 1951).
(19) COURTIER (A. J.) et BOUSCHARAIN (J.). — Nouveau procédé d'obtention d'aérosols insecticides (*C.R. III*e *Congr. Intern. Phytoph.* Paris, 1952, 108-109, 1954).
(20) DEONIER (O. C.), SULLIVAN (W. N.), NOTTINGHAM (E.), LINDQUIST (A. W.). — Control of Anopheles Mosquitoes with coarse and fine D. D. T. sprays and thermal aerosols toxic to Mosquitoes. (*J. Ec. Ent.*, **43** (1), 447-451, 1949).
(21) DOWDEN (Ph. B.). — *Zenillia libatrix* Panz., a Tachinid parasite of the Gipsy Moth and Brown Tail Moth. (*J. Agric. Res.*, **47**, 97-114, 1934).
(22) FURLIANI (S.). — Recherches sur la Processionnaire du Pin (*Osservatorio Forestale Trieste*, Boll. N° 1, ser. 1*a*, 128 pp., 1947).
(23) GEIGER (R.). — The climate near the ground (482 pp., Harward University Press, 1950).
(24) GENEST (M. E.). — L'utilité des places d'étude permanentes en entomologie. (*Naturaliste canadien*, **68**, 261-271, 1941).
(25) GENTNER (L. G.), MORRISON (H. E.), RASMUSSEN (W. E.). — Aerosol generator applications of D. D. T. for Codling Moth control. (*J. Ec. Ent.*, **41** (1), 67-70, 1948).
(26) GOSSWALD (K.). — Anlage einer Station zur Massenzucht von Königinnen der kleinen Roten Waldameise (*Zeitschr. f. Angew. Ent.*, **33**, (1-2) 77-104, 1951).
(27) GOSSWALD (K.). — Ueber die okologische Bereinigung von Schädlingsplagen im Walde mit Hilfe der Roten Waldameise (*Die Naturwissenchaften*, **5**, 97-99, 1952).
(28) GRISON (P.). — La processionnaire du chêne dans la région parisienne. (*Rev. Path. Veg., Ent. Agric.*, **31** (2), 103-114, 1952).
(29) GRISON (P.). — Les conditions d'intervention chimique contre la Chenille Processionnaire du chêne (*Phytoma*, n° 59, 11-14, 1954).
(30) GRISON (P.) et BILIOTTI (E.). — Relations entre la biologie des insectes entomophages et l'application des traitements chimiques . (*C. R. Ac. Agric.*, **37**, 610-613, 1951).
(31) GRISON (P.) et BILIOTTI (E.). — Quelques aspects de la biocénose des chenilles processionnaires. (*Ann. de Sc. Nat. Zool.*, **14**, IIe sér. : 423-432, 1952).
(32) GRISON (P.) et BILIOTTI (E.). — Conservation et prolifération des insectes auxiliaires dans certains peuplements forestiers. (*C. R. Ac. Agric.*, **39**, 226-227, 1953).
(33) GRISON (P.) et BILIOTTI (E.). — Les chenilles processionnaires et les conditions de la lutte chimique. (*Rev. Forest. Zagreb.*, **5-6**, 209-223, 1954).
(34) GRISON (P.) et SILVESTRE DE SACY (R.). — Les Chenilles défoliatrices. (*Bull. Hort.*, **9** (6 et 10), 14 pp., 1954).
(35) GRISON (P.) et VIEL (G.). — Action physiologique de l'hexachlorocyclohexane sur les larves de certains Lépidoptères. (*C. R. VIII*e *Congr. Intern. Ent.* Stockholm, 1948, 910-911, 1950).
(36) GRISON (P.) et VIEL (G.). — Action toxique et propriétés physiologiques de l'hexachlorocyclohexane. (*Rev. Path. Veg., Ent. Agric.*, **28**, 98-111, 1949).
(37) GRISON (P.) et VIEL (G.). — Variation de l'effet toxique de produits insecticides en fonction du stade larvaire des Insectes. (*C. R. Ac. Sci.*, **231**, 1090-1092, 1950).

(38) GRISON (P.), VIEL (G.) et VENTURA (E.). — Remarques sur l'emploi de l'hexachlorocyclohexane dans la lutte contre certains ravageurs. (*C. R. Ac. Agric.*, **36**, 566-568, 1950).

(39) HASCOET (M.). — Etude sur les traitements aériens par poudrage. II. Traitements contre le Mélighète du Colza. (*Ann. INRA*, sér. C 4 (3), 307-318, 1953).

(40) HOFFMANN (C. H.) et MERKEL (E. P.). — Fluctuations in Insect populations associated with aerial applications of D. D. T. to forests. (*J.Ec. Ent.*, **41** (3), 464-473, 1948).

(41) HORSFALL (W. R.). — Influence of environment on the distribution of thermal aerosols toxic to Mosquitoes. (*J. Ec. Ent.*, **43** (1), 37-41, 1950).

(42) JOLY (R.). — Processionnaires. (*Rev. Forest.*, **5**, 355-360, 1952).

(43) JONG (J. R. de). — Field method for the determination of particle size of oil mists. (*Ann. Appl. Biol.*, **37** (3), 516-526, 1950).

(44) KAELIN (A.) et AUER (C.). — Statistische Methoden zur Untersuchungen von Insektenpopulationen. (*Zeitschr. Angew. Ent.*, **36** (4), 423-461, 1954).

(45) KOVACEVIC (Z.), VAJDA (Z.), SCHMIDT, SPAIC (I.) et al. — Masovna pojava i suzbijanje gubara. (*Institut za sumarska Istrazivanja* Zagreb, 1949).

(46) KRUSE (C. W.), HESS (A. D.) et METCALF (R. L.). — Tests of airplane dusting (*J. Nat. Malaria Soc.*, **3**; 197-209, 1944).

(47) LATTA (R.) et al. — Droplet size of moving aerosols and mortality of Mosquitoes. (*J. Wash. Acad. Sci.*, **37**, 397-407, 1947).

(48) MCINTOSH (A. H.). — Crystal size and shape, and toxicity of DDT. (*Ann. Appl. Biol.*, **34**, 586-610, 1947).

(49) NONVEILLER (G.). — La lutte contre les chenilles de *Lymantria dispar* par avion dans les forêts de Yougoslavie en 1949 (*C. R. II*e *Congr. Intern. Phytoph.* Londres, 1950).

(50) NOVAK (K.), SKUHRAVY (V.), HRDY (A.) et HURKA (K.). — Pokus o Zjistovani vlivu poprasovani HCH na hmyzi biocenosu lesnich okraju (*Zool. Entom. Listy*, **2** (1), 34-47, 1953).

(51) PARK (O.) et HEATH (D. F.). — Physical losses of Phosphorus systemics from plants (*C. R. III*e *Congr. Intern. Phytoph.* Paris, 1952, 742-46, 1954).

(52) PARKER (H. L.). — *Apanteles solitarius* RATZ. an introduced parasite of the Satin moth (*U. S. D. A. Techn. Bull.*, **477**, 17 pp., 1935).

(53) PAVAN (M.). — Primi resultati di un esperimento pratico di lotta biologica con *Formica rufa* L. contro Processionaria del Pino (*Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF.) (*Atti della Soc. Ital. di Sci. Nat.*, **90**, 1-12, 1951).

(54) PEPE (G.). — La processionaria del Pino. (*Monti e Boschi*, **2**, 51-58, 1951).

(55) RAUCOURT (M.) et VIEL (G.). — Observations sur l'emploi de l'avion pour les applications d'antiparasitaires agricoles (*B. T. I.*, **49**, 367-375, 1950).

(56) RAUCOURT (M.), VIEL (G.) et CHEVREL (J.). — Etude sur les traitements aériens par poudrage. 1) Etude de la répartition des poudres (*Ann. I. N. R. A.*, Ser. C, **4** (2), 227-256, 1953).

(57) SCHWERDTFEGER (F.). — Ueber die Ursachen des Massenwechsels der Insekten (*Zeitschr. Angew. Ent.*, **28**, 254-303, 1942).

(58) SELTZER (P.). — Études micrométéorologiques en Alsace (Thèse de la Faculté des Sciences de Strasbourg, 1935).

(59) SPAIC (I.). — Suzbijanje gubara aviometodom. Masovna pojava i suzbijanje gubara, Zagreb, 1949.

(60) SPAIC (I.). — Suzbijanje gubara aviometodom. Dopunski pokusi. Zagreb, 1952.

(61) STELLWAG (F.). — Die Schmarotzerwespen als parasiten. (*Monogr. Zeitschr. Angew. Ent.* heft 6, 100 pp., 1921).

(62) THALENHORST (W.). — Die Koinzidenz als gradologisches Problem. Eine synökologische Studie. (*Zeitschr. Angew. Ent.*, **32** (1), 1-48, 1950).

(63) THIELMANN (K.). — Nonnenbekämpfung 1950 im Forstamt Weiden (Opf.) (*Allgemen. Forstzeitg.* 6° jahr., 1949, 1951).
(64) TROUVELOT (B.), BERTHON (R.), BILIOTTI (E.) et GRISON (P.). — Problèmes soulevés par la présence prolongée de la Processionnaire du chêne (*Thaumetopoea processionea*) dans la région parisienne. (*C. R. Ac. Agric.*, **39**, 486-488, 1952).
(65) TROUVELOT (B.), GRISON (P.) et BILIOTTI (E.). — La prévision des infestations de Processionnaires du chêne en vue de traitements chimiques. (*C. R. Ac. Agric.*, **39**, 486-488, 1952).
(66) VALENTE (A. M. P.). — Alguns elemento para o estudo da *Malacosoma neustria* L. em Portugal (Thèse, Instituto superior de agronomia, Lisboa 1954).
(67) VIEL (G) et GRISON (P.). — Action comparée de l'H. C. H. et d'autres insecticides organiques de synthèse sur les Chenilles Processionnaires du Pin. (*C. R. Ac. Sc.*, **226**, 830, 1948 *a*).
(68) VIEL (G.) et GRISON (P.). — Remarques sur l'action toxicologique de quelques insecticides organiques de synthèse sur les Chenilles de Cheimatobie *Operophtera brumata* L. (*C. R. Ac. Sc.*, **227**, 1272-74, 1948 *b*).
(69) VIEL (G.) et RAUCOURT (M.). — Remarques sur les traitements aériens antiparasitaires (*Phytoma*, **17**, 8-13, 1950).
(70) VIEL (G.) et RAUCOURT (M.). — Les résidus de pesticides dans les traitements agricoles : leur importance et les dangers qu'ils peuvent présenter. (*C. R. Zesde Jaarl. Symposium Phytop.* 311-334, 1954).
(71) WELLENSTEIN et al. — Die Nonne in Ostpreussen (*Monogr. z. Angew. Ent.*, **15**, 1942).
(72) WIESMANN (R.) , GASSER (R.) et GROB (H.). — Versuche zur Bekämpfung des Maikäfers (*Melolontha melolontha* L.) durch Flugzeugbehandlung mit DDT-Stäubemittel. (*Bull. Soc . Ent. Suisse*, **23** (1), 1-36, 1950.

Le Directeur-Gérant : B. LACLAVIÈRE.

Imprimerie BUSSIÈRE à Saint-Amand (Cher), France. — 3-9-1955.
Dépôt légal : 3e trimestre 1955 N° d'impression : 862

SUR QUELQUES ANTHRACNOSES DES PLANTES CULTIVÉES

PAR

C. M. MESSIAEN

Station de Pathologie Végétale,
Centre de recherches agronomiques du Sud-Ouest, Pont de la Maye (Gironde).

PLAN DU MÉMOIRE

INTRODUCTION

Parmi les *Colletotrichum* et *Gloeosporium* parasites des plantes cultivées et répandus dans le Sud-Ouest, nous essaierons de dégager les caractères communs de plusieurs espèces. Ces champignons font partie de ceux qui provoquent sur les végétaux des « anthracnoses », terme assez vague puisqu'il peut désigner des champignons appartenant au moins à cinq grands groupes naturels (1) :

	Forme parfaite	***Forme conidienne***	***Exemples :***
I.	*Elsinoe*	*Sphaceloma*	*Sphaceloma Ampelinum* (anthracnose de la vigne).
II.	*Mycosphaerella*	*Phyllosticta* *Ascochyta*	*Ascochyta Pisi* (anthracnose du pois).
III.	*Pseudopeziza*	*Gloeosporium*	*P. Ribis* (anthracnose du groseillier).
IV.	*Gnomonia*	*Marssonina* *Gloeosporium*	*Gnomonia Leptostyla* (anthracnose du noyer).
V.	*Glomerella* ou *Physalospora*	*Golletotrichum* *Gloeosporium*	*C. Lindemuthianum* (anthracnose du haricot).

Il s'agit, ici, des champignons appartenant au cinquième groupe.

(1) Comme nous le fait justement remarquer M. G. ARNAUD, c'est seulement aux maladies causées par les *Elsinoe-Sphaceloma* que devrait s'appliquer le terme d'anthracnose, puisqu'il a été créé pour désigner le « charbon » de la vigne, *Sphaceloma Ampelinum*. C'est à la suite d'une généralisation abusive qu'on l'a appliqué aux autres groupes.

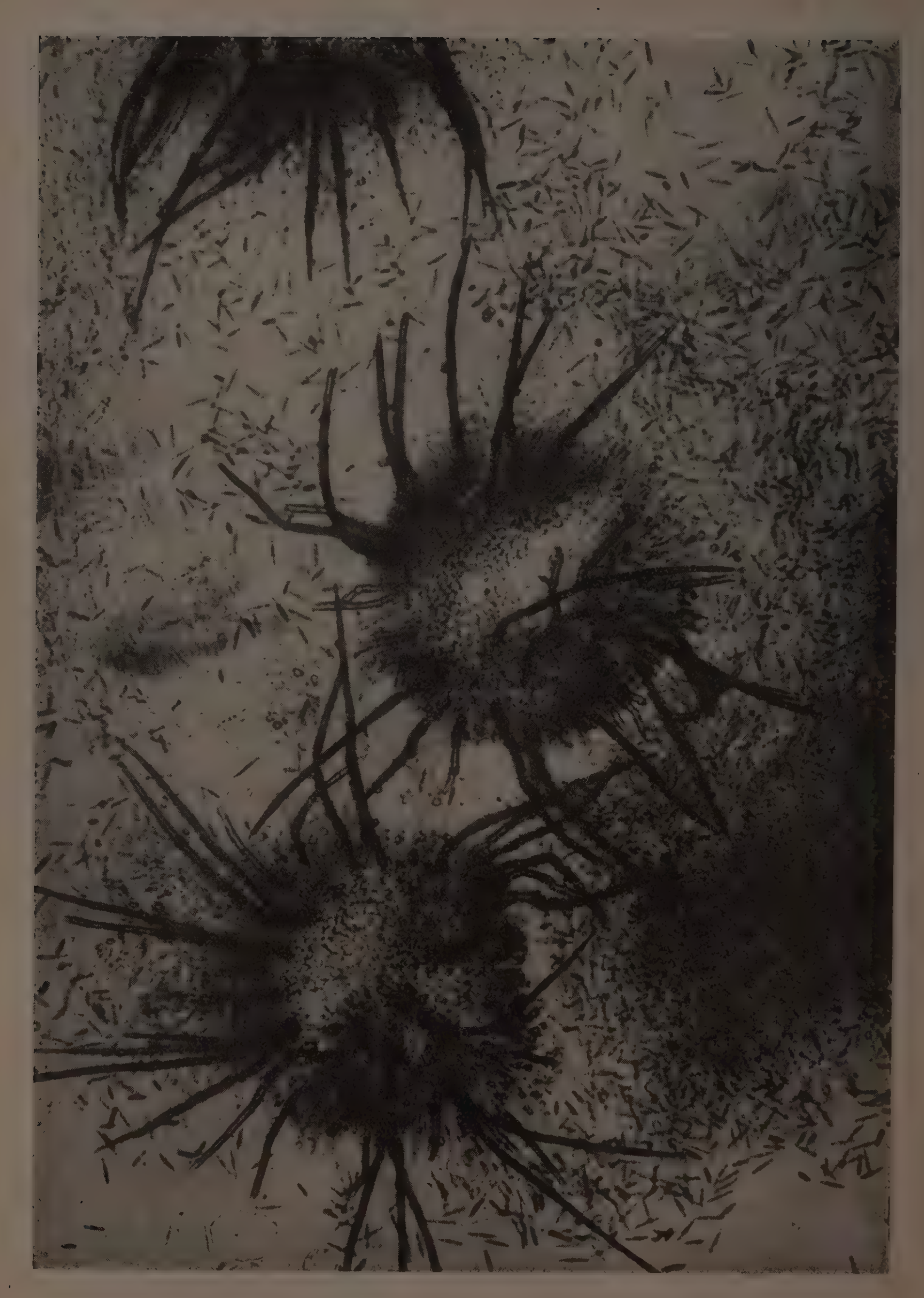


FIG. 1. — Acervules de *Colletotrichum Phomoïdes* (sur gélose-tomate)

CARACTÈRES COMMUNS MORPHOLOGIQUES ET CYTOLOGIQUES

Nous n'avons pas cherché à étudier systématiquement les formes parfaites de ces champignons, qui appartiennent aux genres *Glomerella* (comme *G. Lagenarium* STEV., forme parfaite de *Colletotrichum Lagenarium* (PASS.), ELL. et HALST), ou *Physalospora* (ex. *P. Tucumanensis* SPEG, forme parfaite de *C. falcatum* WENT). Ces deux genres ne diffèrent d'ailleurs que par la longueur du col des périthèces, ce qui suffit à les faire classer dans deux familles différentes (Gnomoniacées et Physalo sporacées) malgré leur parenté certaine. D'après VON ARX (2) *Physalo spora Tucumanensis* serait en réalité un *Glomerella*, ce qui rendrait encore plus évidente l'unité de ce groupe de champignons.

Leurs formes imparfaites appartiennent aux Mélanconiales. Ce sont, suivant qu'on rencontre ou non dans les acervules des seta ou poils bruns, des *Colletotrichum* ou des *Gloeosporium*. Les fructifications sont formées de filaments entrelacés, dont les dernières ramifications sont des coni-

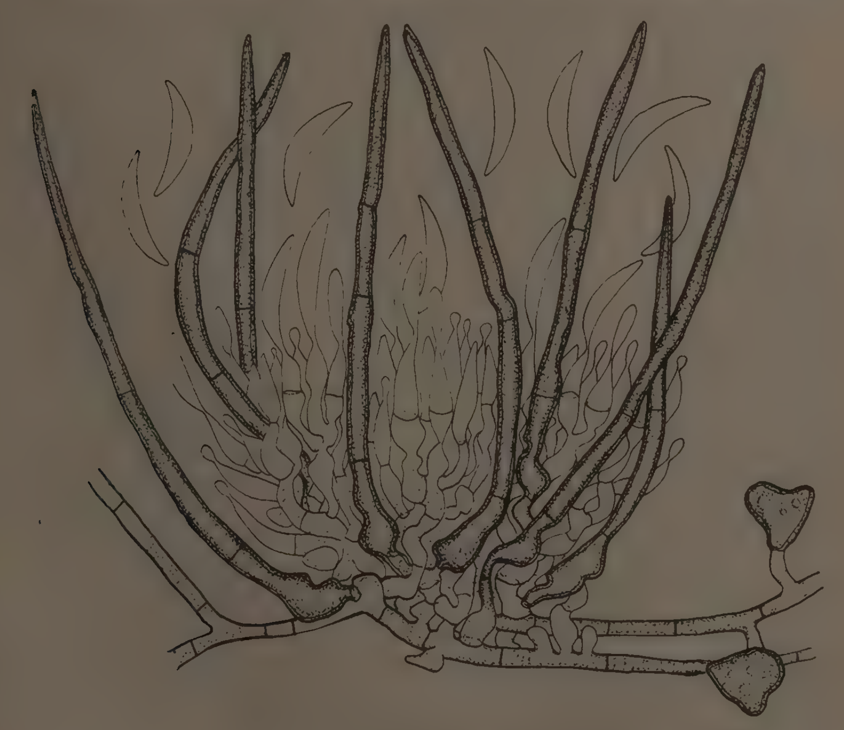


FIG. 2. — Jeune acervule de *Colletotrichum graminicolum* (sur pellicule de cellophane).

diophores simples qui peuvent produire à plusieurs reprises des conidies hyalines, unicellulaires. Chez les *Colletotrichum* les poils semblent tenir la place de certains conidiophores, ce sont sans doute des conidiophores modifiés (fig. 1 et 2).

Les conidies sont, suivant les espèces, de forme cylindrique, arrondies aux deux extrémités, ou en forme de croissant. Elles sont toujours uninucléées, caractère assez exceptionnel chez les Ascomycètes. Nous l'avons constaté par coloration au carmin acéto-ferrique chez les espèces suivantes :

Gloeosporium fructigenum BERK. (pommes)	pourriture amère des fruits.
Colletotrichum graminicolum (CES) C. W. WILS (maïs)	anthracnose des graminées.
C. Lagenarium (melon)	anthracnose ou nuile rouge des Cucurbitacées.
C. Lindemuthianum (haricot)	anthracnose du haricot.
C. Phomoïdes (tomate)	anthracnose de la tomate.
Colletotrichum sp. (cattleya) [1]	anthracnose des orchidées.

CHILTON (6) a compté sur 11 300 spores de *C. destructivum* 35 spores binucléées seulement. SCHWANK (16) a constaté comme nous que les spores de *Colletotrichum Phomdoïes* ne renferment qu'un seul noyau.

GERMINATION DES CONIDIES LES APPRESSORIUMS CHLAMYDOSPORES

Les spores de ces champignons, germant à la surface des plantes, produisent à l'extrémité d'un filament germinatif plus ou moins long, une vésicule à parois brunes, épaisses, appliquée sur l'épiderme de l'hôte. C'est à partir de cette vésicule, ou appressorium, que prend naissance le filament qui perfore la cuticule et la membrane des cellules épidermiques. Ces phénomènes ont été étudiés en détail par DEY (8) pour *C. Lindemuthianum*.

Les appressoriums ont été décrits chez de nombreuses espèces par un grand nombre d'auteurs parmi lesquels nous pouvons citer ALMEIDA(1), DELACROIX (7), BIRAGHI (5), HIGGINS (12), C. W. EDGERTON et F. CARVAJAL (9), M. GAUDINEAU et J. BARTHELET (4). Nous les avons observés pour les six espèces que nous avons étudiées. Chaque spore produit en général un, parfois deux appressoriums, après s'être cloisonnée transversalement (excepté chez *C. Lagenarium*). On observe facilement ces appressoriums *in vitro*, à condition de faire germer les conidies au contact d'une paroi solide, verre des lamelles en cellule de VAN TIEGHEM, ou cellophane appliquée à la surface de milieux gélosés (fig. 3).

Avec *C. graminicolum* nous avons obtenu les résultats suivants :

1° sur cellophane appliquée sur un milieu contenant uniquement de la gélose : production d'appressoriums. Tubes germinatifs très courts. Pas de développement ultérieur;

[1] (Souche due à l'obligeance de M. VIENNOT-BOURGIN).

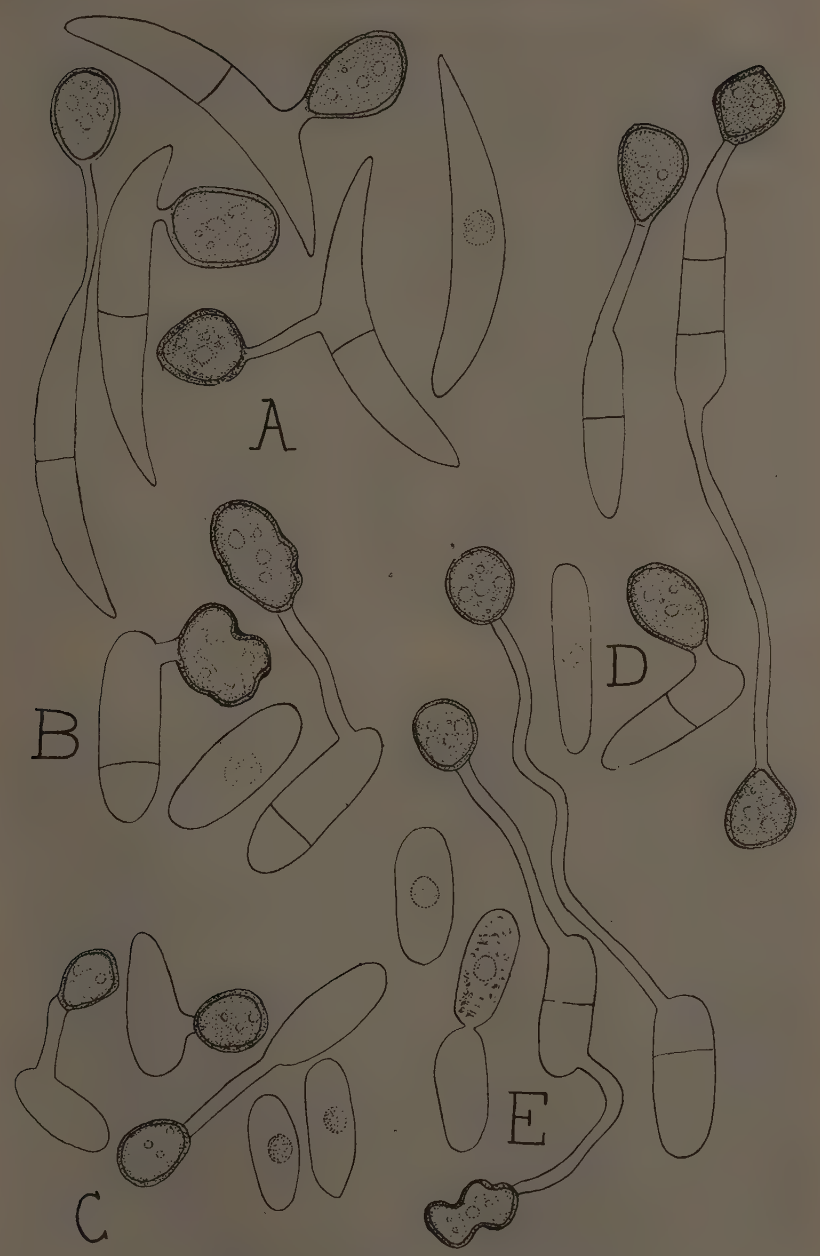


FIG. 3. — Germinations de spores : A : *Colletotrichum graminicolum*. — B : *Colletotrichum* sp. du Cattleya. — C : *C. Lagenarium*. — D : *C. phomoïdes*. — E : *C. Lindemuthianum*.

2° sur le milieu à la gélose sans cellophane : germination sans production d'appressoriums, faible développement ultérieur ;

3° sur cellophane appliquée sur un milieu gélosé à la prune : production d'appressoriums. Tubes germinatifs assez longs. Germination des appressoriums, formation d'acervules ;

4° sur le milieu à la prune sans cellophane : germination sans appressoriums, production d'acervules ;

5° sur le verre des lamelles des cellules de VAN TIEGHEM : production d'appressoriums. Pas de développement ultérieur. On peut en conclure que le seul facteur provoquant la formation des appressoriums est la présence d'une membrane solide.

Certains auteurs ont signalé que, dans des milieux très riches, les conidies peuvent produire directement des conidies secondaires. Nous l'avons observé chez *C. Lindemuthianum.*

Le mycélium peut parfois, lui aussi, produire directement des appressoriums quand il est en contact avec une surface résistante, sur la paroi des tubes de culture, par exemple. Il peut en produire aussi à l'intérieur des tissus végétaux desséchés. Tous ces faits ont incliné certains auteurs à penser que ces appressoriums devaient être considérés comme des chlamydospores. Ces formations peuvent en réalité jouer l'un et l'autre un rôle. Il serait raisonnable de joindre les deux termes et de les appeler « appressoriums-chlamydospores ».

INFECTION, PARASITISME, SPÉCIFICITÉ

Les acervules produisent des masses visqueuses de spores, agglomérées par un mucus. Ces spores sont dispersées par les gouttes de pluie et ne germent que si l'état hygrométrique est très proche de l'humidité saturée. Le filament qui a percé l'épiderme s'étend d'abord dans les deux ou trois premières couches de cellules sous-jacentes. Il peut alors cesser de s'accroître si les tissus de l'hôte ne sont pas favorables à son développement. Il y a alors infection latente. C'est ce qui se passe souvent sur les tiges herbacées et les fruits verts : tomates (10), bananes (15). Quand la maladie se déclare, soit immédiatement, soit après un certain temps de latence, le mycélium envahit les tissus qui se nécrosent. Ces champignons ne sont pas en effet des parasites stricts, mais des « nécrotrophes », qui se nourrissent de cellules tuées pars leurs toxines. Les acervules apparaissent au centre des taches noires à bords nets, sous forme de petites masses visqueuses jaunes ou roses, souvent disposées en séries concentriques (fig. 4).

Certains de ces champignons peuvent être transmis avec les graines. On connaît bien le cas de *C. Lindemuthianum* (fig. 5) ; *C. Lini*, *C. Gossypii* peuvent être transmis de la même façon. Nous avons constaté qu'il pouvait en être de même pour *C. graminicolum* sur le maïs (fig. 6).

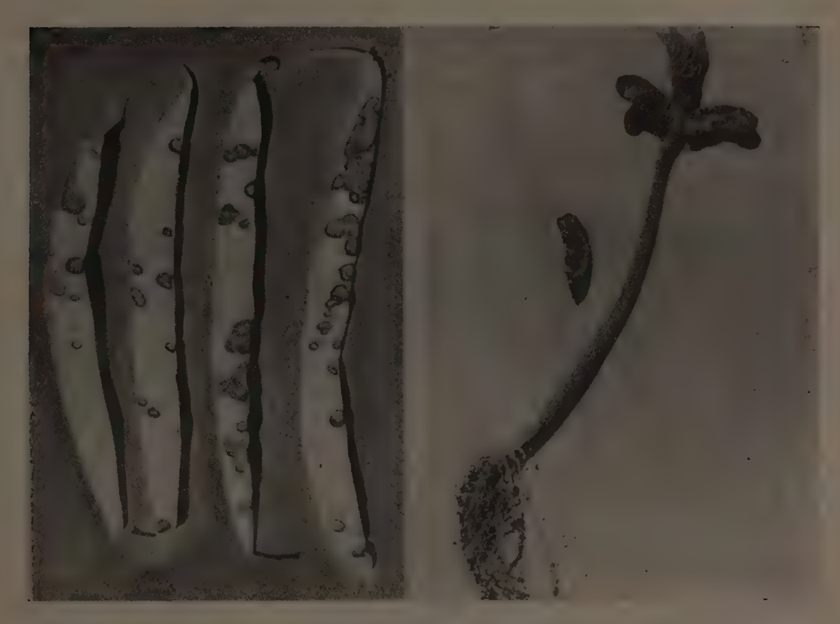


Fig. 4. — Haricots (var. Beurre) attaqués par *C. Lindemuthianum*.

Fig. 5. — Plantule de haricot (var. Roi des Belges) provenant d'un grain infecté.

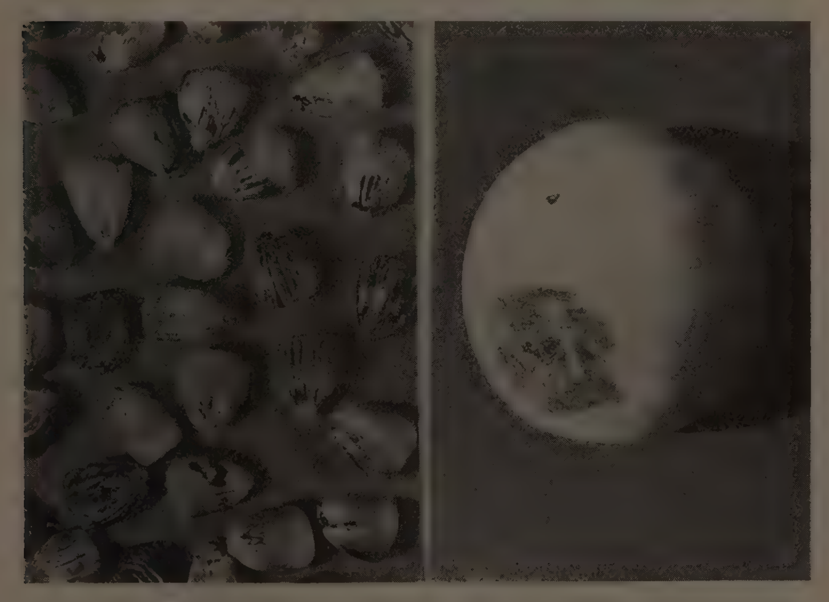


Fig. 6. — Grains de maïs (W. 355) infectés par *C. graminicolum*.

Fig. 7. — Fruit de melon d'eau infecté par *C. Lindemuthianum* (en haut) et *C. Lagenarium* (en bas).

Von Arx (3) a récemment remis en question la systématique du groupe. S'appuyant sur des réussites d'infections sur haricots avec une souche provenant d'une orchidée, par exemple, il estime que tous les Colletotrichum et Gloeosporium sont des formes d'une seule espèce, qu'il identifie à *Glomerella cingulata*. Cette opinion nous paraît un peu trop catégorique. Les formes à spores en croissant (*Colletotrichum graminicolum*, *C. falcatum*, *C. Lilii*) forment un groupe morphologique particulier, il en est probablement de même des formes sclérotiques à spores allongées (*C. Phomoïdes*, *C. atramentarium*). Parmi les espèces morphologiquement voisines de *Glomerella cingulata*, il existe peut-être quand même des spécialisations biologiques. Nous avons nous-mêmes constaté qu'il était impossible de contaminer avec *C. Lindemuthianum*, même avec blessure des fruits de *Citrullus vulgaris* sur lesquels *C. Lagenarium* est très virulent (fig. 7).

COMPORTEMENT EN CULTURE — VARIATIONS

Tous ces champignons sont faciles à mettre en culture à condition d'éliminer les bactéries qui envahissent secondairement les vieilles lésions surtout sur les fruits. Mais la sporulation, assez faible dans les tubes d'isolement, devient à peu près nulle à partir du deuxième ou troisième repiquage si on ensemence du mycélium ou des fragments de culture. Nous allons examiner ce qui se passe pour chacune des espèces que nous avons étudiées.

Colletrotrichum graminicolum :

Les premiers tubes de culture obtenus à partir de fragments prélevés sur l'hôte donnent quatre ou cinq gros acervules et un abondant mycélium gris feutré. Si on repique des fragments de culture la sporulation s'atténue et disparaît en trois mois environ. Nous avons fait une dizaine d'isolements monospores qui ont tous donné, sans exception, des souches fructifiant très abondamment, beaucoup plus que la souche initiale, et se conservant parfaitement, à condition d'éviter de repiquer à partir des zones recouvertes de mycélium gris qui apparaissent dans les vieux tubes. Une de ces souches, conservée depuis trois ans a gardé intacte sa faculté de sporulation (et sa virulence) (fig. 8). Une souche stérile, que nous avons gardée par curiosité, n'a fructifié sur aucun des milieux essayés (fig. 9). Elle conservait cependant la faculté de produire des appressoriums-chlamydospores.

Colletotrichum Lagenarium :

L'aptitude à la sporulation des premiers isolements disparaît rapidement. On obtient des souches mycéliennes grises. Nous avons, là aussi,

obtenu par isolement monospore des souches fertiles, mais les spores en masse meurent très rapidement, les acervules perdent leur belle couleur rose pour devenir gris sale, et la colonie se recouvre de mycélium gris stérile. Il faut repiquer toutes les trois semaines à partir de spores fraîches Nous avons ainsi entretenu deux souches d'anthracnose du melon pen-



FIG. 8. — Souche fertile de *Colletotrichum graminicolum* (gélose-farine d'avoine).
FIG. 9. — Souches fertile (à droite) et stérile (à gauche) de *C. graminicolum* ensemencées sur la même boîte de Pétri (gélose-Maltea).
FIG. 10. — Souche sclérotique de *C. Atramentarium* (gélose-avoine).

dant 18 mois sans perte de sporulation ni de virulence. L'une de ces souches produisait de gros acervules et peu de poils, l'autre de petits acervules et des poils en abondance.

Les souches stériles, inoculées par blessure à des melons, se montrent aussi virulentes que des souches fertiles mais ne retrouvent pas la faculté de produire des spores.

Colletotrichum Lindemuthianum :

Instruits par les expériences précédentes et ayant compris qu'il importait surtout de repiquer des spores, et des spores bien vivantes, nous n'avons pas fait d'isolements monospores et nous nous sommes contentés de repiquer à de fréquents intervalles dans ces conditions. Nous avons ainsi gardé trois souches en parfait état durant six mois. La fructification de ce champignon était autrefois réputée difficile à obtenir. Il était admis qu'il fallait toujours incorporer des fragments ou des extraits de haricots au milieu ; or R. S. MATHUR, H. L. BARNET et V. GREENE LILLY (14) ont obtenu la fructification sur un milieu parfaitement synthétique, et nous avons obtenu avec un milieu à la farine d'avoine de bien meilleurs résultats qu'avec un milieu au jus de haricots verts.

Gloeosporium fructigenum :

La sporulation diminuant après quelques repiquages, nous avons procédé, avec succès comme pour *C. Lindemuthianum*.

Colletotrichum phomoïdes :

Ici, au contraire, la souche « sauvage » est stable en culture. Elle fructifie très peu (quelques spores sur le mycélium jeune), ne donne ni poils ni acervules, mais de nombreux petits sclérotes. A partir de cette souche, nous avons vu apparaître un secteur d'allure à peu près semblable aux isolements primitifs des autres espèces et qui a donné comme ceux-ci des souches fertiles par isolement monospore, et des souches stériles par repiquage de fragments de culture. Des deux souches fertiles que nous avons conservées, l'une avait des acervules hérissés de poils longs et raides, l'autre des poils rares et flexueux.

Un *Colletotrichum sp.* sur aubergine et *C. atramentarium* nous ont donné en culture des souches ressemblant au type sclérotique de *Colletotrichum phomoïdes* (fig. 10).

Quelle explication donner de ces comportements en culture? CHILTON, qui a observé des faits analogues avec *C. destructivum* (6) suppose qu'il apparaît des mutants stériles qui, plus vigoureux, tendent à supplanter les filaments fertiles. Les souches sauvages seraient constituées d'un mélange de filaments fertiles et stériles, que nous désignerons par C et M. Il est possible d'ailleurs (si nous admettons que les noyaux sont le support principal de l'hérédité) que les noyaux C et M se trouvent en mélange à l'intérieur des filaments, ce qu'a démontré HANSEN (11) pour des champignons à spores plurinucléées. Il faudrait pour le savoir, faire de nombreux ensemencements d'hyphes isolés.

Les spores étant ici uninucléées le « dual phenomenon « de HANSEN ne peut pas jouer, et l'on obtient toujours une souche pure en ensemençant une seule spore.

N'ayant jamais fait plus d'une dizaine d'ensemencements monospores pour chacune des espèces que nous avons étudiées, nous n'avons jamais obtenu de cette manière que des souches C. CHILTON a obtenu deux souches stériles sur 1 200 ensemencements monospores à partir de cultures jeunes, et 1 sur 414 en partant de spores prélevées sur l'hôte, ce qui donnerait une idée de la fréquence d'apparition des mutants stériles.

Nous avons vérifié en culture qu'une souche M de *C. graminicolum* s'accroissait plus rapidement qu'une souche C de même origine : après 7 jours sur un milieu contenant 16 g d'extrait de malt par litre, le rayon d'une colonie M est de 32 mm, celui d'une colonie C 24 mm.

Le cas de *C. Phomoïdes* semble plus complexe. Il faudrait admettre que, en plus des états M, C et MC ce champignon peut exister sous un état stable que nous désignerons par S, stérile en culture, mais fertile sur les fruits, à partir duquel pourraient apparaître des souches M et C.

Il est possible qu'on doive chercher ailleurs que dans l'heterokaryosis et la mutation l'explication de tels phénomènes. JINKS (13) admet pour *Aspergillus nidulans* et *Penicillium cyclopium* l'existence d'une «sélection somatique » où seraient mis en jeu des facteurs cytoplasmiques. Il a pu, pour le *Penicillium*, sélectionner des souches fertiles et stériles par ensemencement de spores ou de mycélium et, pour l'*Aspergillus*, sélectionner par ensemencement de conidies ou d'ascospores des souches donnant plus de conidiophores ou plus de périthèces. Il estime que : « Une des différences entre les champignons et les organismes plus évolués résiderait dans un contrôle moins rigide du cytoplasme par le noyau ».

Quels que soient les mécanismes génétiques ou physiologiques intervenant dans l'évolution de ces champignons en culture, il est certain que le repiquage sélectif de spores ou mieux encore un ensemencement monospore suivi de repiquages sélectifs permettent de conserver très longtemps la fructification et la virulence des souches. Pour les espèces de type « *Phomoïdes* », il faudra se contenter de la faible sporulation des souches sclérotiques ou attendre l'apparition des souches fertiles. En règle générale, les souches fertiles fructifient sur la plupart de nos milieux usuels. Le plus favorable à la sporulation semble être celui à la farine d'avoine [1].

ESSAIS DE FONGICIDES

Nous avons cherché (avec la collaboration de J. SIMONE) pour ce groupe de champignons à départager les nombreux fongicides classiques et modernes qui se disputent le marché.

[1] Pour 1 l de milieu : 60 g de farine d'avoine, 20 g de gélose.

Nous avons fait des traitements suivis de contaminations artificielles en serre avec *C. Lagenarium* sur jeunes plants de melons (cantaloups charentais) et avec *C. Lindemuthianum* sur des haricots (variété Beurre, au stade deux feuilles). Dans les deux cas, nous avons ramené à 100 le nombre de taches apparues sur les feuilles des témoins, ce qui revient pour chaque produit à estimer le pourcentage de spores survivantes. Cette interprétation semble valable pour les melons, où les taches apparaissent sur tout le limbe de la feuille. Chez le haricot, les taches apparaissent seulement sur les nervures, la proportion de spores infectant l'hôte est probablement très faible même sur les témoins. L'apparition des taches sur les nervures est suivie d'un flétrissement général de la plante. C'est ce qui explique sans doute que l'on n'obtienne sur les haricots que des réponses par « tout ou rien » alors que sur les melons les résultats sont beaucoup plus nuancés (voir tableau et fig 11).



FIG. 11. — Essai de traitement sur haricots (var. Beurre) 7 jours après l'inoculation. De droite à gauche : Zinèbe 0,2 p. 100. — Dichloronaphtoquinone 0,2 p. 100. — Captane 0,3 p. 100. — Bouillie bordelaise 2 p. 100. — Témoin non traité.

On voit que ces champignons sont remarquablement résistants aux produits cupriques et au soufre. Le captane ne semble pas très intéressant. Son efficacité devrait être vérifiée par des essais en plein champ. Sur le melon du moins, les éthylène-bis-dithiocarbamates semblent plus actifs que les diméthyl-dithiocarbamates. A quantité égale de soufre, la bouillie sulfocalcique semble plus efficace que le soufre mouillable, mais elle

Essais de produits sur les anthracnoses du melon et du haricot

Produit	Dose de produit commercial %	Dose de produit actif %	Anthracnose du melon. Nombre de taches	Anthracnose du haricot. Nombre de taches
Témoin non traité	—	—	100	100
Bouillie bordelaise	2	0,5	30	80
	1	0,25	50	
	0,5	0,125	63	100
	0,25	0,625	75	
Soufre mouillable	1	0,8		15
	0,5	0,4	18	45
	0,2	0,16	47	
Ferbame	0,2	0,15	20	0
	0,1	0,075	25	0
Zirame	0,2	0,15	23	0
	0,1	0,075	50	0
Captane	1	0,5	10	0
	0,5	0,25	14	
	0,3	0,15		15
	0,1	0,05	45	30
Thirame	0,2	0,1	23	0
Sulfate d'orthoxyquinoléine	1	0,0275	36	—
Bouillie sulfocalcique	0,5	0,135	9	—
	0,25	0,067	50	—
Zinèbe	0,2	0,13	3	0
	0,1	0,065	25	0
Dichloronaphtoquinone	0,2	0,1	5	0
	0,1	0,05	15	0
	0,05	0,025		15
Éthylène-bis-dithiocarbamate de manganèse	0,2	0,13		0
	0,15	0,1	1	
	0,1	0,065		0
	0,075	0,05	3	
	0,05	0,032		5

provoque de légères brûlures. Sur le melon les produits les plus actifs semblent être la dichloronaphtoquinone, le zinèbe et surtout l'ethylène-bis-dithiocarbamate de manganèse. La dichloronaphtoquinone cependant doit être éliminée pour le melon, car à la dose de 0,2 p. 100 de produit commercial qui serait sans doute celle utilisée en pratique, on observe de légères brûlures sur les feuilles. On peut donc préconiser pour la lutte contre l'anthracnose du melon l'emploi des éthylènes-bis-dithiocarbamates.

Nous avons également essayé des traitements de semences contre *C. Lindemuthianum*, avec des haricots (Roi des Belges) contaminés artificiellement de façon interne (blessés à l'extrémité opposée à la radicule, immergés dans une suspension de spores, soumis à un vide partiel de façon à faire pénétrer les spores à l'intérieur quand on laisse revenir la pression atmosphérique, incubés 70 h, en vase clos, puis séchés à l'air). On obtient

ainsi des grains à faculté germinative très bonne, mais donnant une forte proportion de plantules infectées.

Nous avons essayé les produits suivants en poudrage :
silicate de méthoxyéthyl mercure ;
thirame ;
oxychlorure de cuivre ;
captane ;
dichloronaphtoquinone ;
ethylène-bis-dithiocarbamate de Mn ;
complexe de sels de Zn, Cr, Hg.

Et en trempage pendant 24 h dans une solution à 0,5 p. 100 :
sulfate de cuivre ;
tétrachlorobenzoquinone ;
éthylène-bis-dithiocarbamate de sodium.

Aucun de ces produits n'a augmenté de façon appréciable la proportion de plantes saines. Les grains traités au sulfate de cuivre ne germent pas.

CONCLUSION

Les *Colletotrichum* et une partie des *Gloeosporium* forment un groupe très homogène. Les caractères les plus importants de ceux que nous avons étudiés (spores uninucléées, formation des appressoriums-chlamydospores, comportement en culture, résistance aux produits cupriques) sont très probablement communs à l'ensemble du groupe. Ces caractères sont assez particuliers et font à ces champignons une place à part dans l'ensemble des Ascomycètes.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) Almeida (José Verissimo d'). — La « gaffa » des olives en Portugal. *Bull. soc. Myc. de France*, p. 90-94, 1899.
(2) Von Arx (J. A.). — Die systematische Stellung der Gattung *Physalospora* (Niessl) nach Ausschluss der gattungsfremden Elemente. VIIIe Congrès international de Botanique section XIX, Paris 1954.
(3) Von Arx (J. A.). — The host range of *Glomerella cipgulata* with special reference to *Colletotrichum Lindemuthianum* VIIIe. Congrès international de Botanique, section XIX, Paris 1954.
(4) Barthelet (J.) et Gaudineau (M.). — Les maladies des cyclamens. *Revue de Path. vég. et d'Ent. agr.*, XXIII, p. 101-122, 1936.
(5) Biraghi (A.). — Sul significato biologico dei pressunti « appressori » nel genero *Gloeosporium. Boll. della R. Staz. di Pathologia vegetale*, XII, p. 202-209, 1934.
(6) Chilton (S. J. P.). — Variations in sporulation of different isolates of *Colletotrichum destructivum*: *Mycologia*, p. 13-20, 1943.
(7) Delacroix (M.). — Sur le développement du champignon noir des bananes. *Bull. Soc. Myc. de France*, p. 285-287, 1902.
(8) Dey (P. K.). — Studies in the physiology of parasitism. V. Infection by *C. lindemuthianum. Anna. Bot.*, **33**, 305-312, 1919.

(9) EDGERTON (C. W.), et CARVAJAL (F.). — Host-parasite relations in red rot of sugar cane. *Phytopath.*, XXXIV, p. 827-837, 1944.
(10) FULTON (J. P.). — Infection of tomato fruit by *C. phomoïdes.Phytopath*, XXXVIII, p. 235-247, 1948.
(11) HANSEN (H. N.). — The dual phenomenon in *Fungi Imperfecti*. *Mycologia*, p. 442-445, 1938.
(12) HIGGINS (B. B.). — Anthracnose of peppers. *Phytopath.* p. 330-340, 1926.
(13) JINKS (J. L.). — Somatic selection in Fungi. *Nature*, London 174, 4426, pp. 409-410, 1954.
(14) MATHUR (R. S.), BARNET (H. L.) et LILLY (V. G.). — Sporulation of *Colletotrichum lindemuthianum* in culture. *Phytopath.*, XI, p. 104-113, 1950.
(15) ROGER (L.). — Phytopathologie des pays chauds. T. II, p. 1209-1210, 1953, Lechevallier édit.
(16) SCHWANK (G.). — The perfect stage of *C. phomoïdes* on tomato. *Phytopath.*, XLIII, p. 285-287, 1953.

Reçu pour publication le 18 *février* 1955.

SUR LE TRAITEMENT DE LA CARIE DU BLÉ ET DU CHARBON DE L'AVOINE

PAR

J. PONCHET

Station centrale de Pathologie végétale, Versailles

PLAN DU MÉMOIRE

I. — INTRODUCTION

De nombreux travaux ont déjà montré l'intérêt de la désinfection des semences de Céréales, seul moyen pratique et économique de lutte contre les maladies charbonneuses. Les essais dont les résultats sont exposés dans la présente publication avaient essentiellement pour but d'améliorer cette méthode en ce qui concerne la carie du blé *Tilletia caries* (Dc.) Tul et le charbon de l'avoine *Ustilago avenae* (PERS) JENS.

Dans les deux cas, on a cherché à préciser l'efficacité de produits expérimentés antérieurement et essayé des produits anticryptogamiques nouveaux après avoir dans certains cas mis au point des techniques adaptées aux recherches poursuivies.

II. — TRAITEMENT DE LA CARIE DU BLÉ

Les recherches entreprises sur la Carie du Blé ont concerné les deux modes principaux de transmission de la maladie.

Dans le cas de la contamination des semences, il était nécessaire de préciser les possibilités d'emploi de certains produits déjà connus et la valeur anticarie de composés organiques nouveaux. Seuls, les dérivés benzéniques s'étant montrés actifs dans le cas où les plantes sont inoculées par des spores contenues dans le sol, l'étude du mode d'action de ces produits a constitué la seconde partie des recherches effectuées.

A. — ESSAIS DE PRODUITS POUR LA DÉSINFECTION DES SEMENCES

Dans tous les essais de produits effectués en champ, la méthode de ARNAUD et M[lle] GAUDINEAU a été utilisée sans modification. La contamination artificielle avec des spores du *T. caries*, les traitements et les notations du pourcentage d'épis cariés à la récolte ont été réalisés avec la variété Yga au cours de deux années successives : 1953 et 1954.

Dans les essais destinés à l'homologation des formules commerciales, on a utilisé comme produits de référence la bouillie bordelaise à 2 p. 100 en trempage pendant 20 minutes, le chlorure cuivrique titrant 13 p. 100 de cuivre et l'hexachlorobenzène à 12 p. 100 de matière active.

1° Utilisation des sels de cuivre

La bouillie bordelaise s'est montrée légèrement insuffisante dans tous les essais puisqu'elle a laissé subsister plus de 1 p. 100 d'épis cariés ; les produits contenant 13 p. 100 de cuivre du chlorure cuivrique ont été satisfaisants, et l'on peut diminuer cette teneur en cuivre jusqu'à la valeur limite de 10-12 p. 100. Les formules commerciales renfermant ce composé et ne titrant que 7 p. 100 de cuivre ont toujours été insuffisantes et généralement refusées au contrôle d'homologation. Utilisé dans les mêmes conditions, le chlorure cuivreux s'est montré moins actif contre la carie que le chlorure cuivrique, même si une certaine quantité de chlorure de sodium lui était ajoutée. Il semble que les formules à base de chlorure cuivreux ne doivent pas contenir moins de 15 p. 100 de cuivre pour conserver une action satisfaisante.

Le carbonate a été le moins efficace de tous les sels de cuivre mis à l'essai. Employé pur (carbonate technique) ou dilué à l'aide de kaolin, il laisse toujours subsister plus de 3 p. 100 de carie ce qui, étant donné l'activité des produits actuellement disponibles, est très nettement insuffisant. Rappelons que l'emploi du carbonate entraîne une consomma-

tion de 110 g de cuivre par quintal de blé, alors que le chlorure, pour une efficacité au moins équivalente, ne dépense que 25 g de cuivre pour 100 kg de semences.

2° Produits organiques de synthèse

a) **Produits organo-mercuriques.** — Un produit contenant en mélange du silicate de méthoxyéthylmercure (1 p. 100 de mercure) et de l'hexachlorocyclohexane (20 p. 100) a eu une efficacité passable ; ce composé organo-mercurique devrait contenir au moins 1,5 p. 100 de mercure pour assurer une bonne désinfection.

Plusieurs formules présentent des produits organo-mercuriques en solution huileuse qui mouillent bien la surface des grains traités malgré la faible dose d'utilisation préconisée (200 cc par quintal en général). La dicyanamide de méthylmercure contenant 0,8 p. 100 de mercure assure une bonne désinfection de la Carie qu'on peut améliorer en ne semant les grains que quelques jours après leur traitement.

Un produit renfermant 7,7 p. 100 de l'éthyl paratoluène sulfonanilide de mercure a complètement éliminé la carie. Lorsque les semences sont restées plus de 10 jours en contact avec ce produit, elles manifestent des symptômes d'intoxication mercurielle typiques ; il y a donc lieu d'être prudent dans l'utilisation de cet excellent anticarie.

b) **Dérivés du benzène.** — L'hexachlorobenzène, utilisé comme produit de référence à la concentration de 12 p. 100, réduit de façon régulière, à moins de 1 p. 100 le pourcentage d'épis cariés. Il ne perd pas son activité au cours de sa conservation au laboratoire, même après de nombreuses années.

Le pentachloronitrobenzène, mélangé ou non à des produits répulsifs destinés à éloigner les oiseaux nuisibles aux semis, est au même titre que l'hexachlorobenzène un anticarie excellent. La concentration limite des poudres à base de pentachloronitrobenzène est d'environ 14-15 p. 100 ; il semble que cette concentration puisse être considérablement diminuée dans des formules utilisant le produit en solution huileuse.

Lorsque le nombre des atomes de chlore est réduit à quatre sur le noyau benzénique, comme dans le trétrachloronitrobenzène, il faut utiliser, pour être assuré d'une action anticarie suffisante, un produit titrant au moins 15 à 20 p. 100 de produit pur.

Tous ces produits peuvent être employés, comme il sera précisé ultérieurement, dans la lutte contre les contaminations du sol par la carie.

c) **Produits organiques divers.** — L'action anticarie du Thirame à 50 p. 100 est insuffisante. L'acide pentachlorophenoxyacétique et son sel de sodium n'ont aucune action anticarie. Il en est de même des dérivés de l'ammonium quaternaire.

Tableau I

Résultats des essais sur la désinfection des semences contre la Carie du Blé

Produits	Mode de traitement	Pourcentage épis cariés. Moyenne
I. — Essais effectués en 1953.		
1° Produits purs		
Témoin non traité (témoin poudrage)		25
Témoin non traité trempé dans l'eau	Trempage 20 mn	15
Bouillie bordelaise 2 p. cent caséinée	—	2,60
Chlorure cuivrique 13 p. cent cuivre......	Poudrage 200 g	0,30
Hexachlorobenzène 12 p. cent............	Poudrage 200 g	0,20
Carbonate de cuivre pur 56,6 p. cent Cu .	—	4,60
Carbonate de cuivre 25 p. cent Cu	—	5,00
Carbonate de cuivre 17 p. cent Cu	—	8,10
Chlorure cuivreux 15 p. cent cuivre	—	1,10
Hexachlorobenzène 12 p. cent conservé depuis 1944	—	0,05
Hexachlorobenzène 12 p. cent conservé depuis 1945	—	0,06
Hexachlorobenzène 12 p. cent conservé depuis 1946	—	0,30
Tétrachloronitrobenzène 50 p. cent	—	0,20
Tétrachloronitrobenzène 30 p. cent	—	0,05
Tétrachloronitrobenzène 20 p. cent	—	0,10
Tétrachloronitrobenzène 10 p. cent	—	1,95
2° Formules commerciales		
20,8 p. cent de chlorure cuivreux + 33 p. cent de chlorure de sodium — 13,3 p. cent de Cu	—	5,60
16 p. cent de chlorure cuivreux + 25 p. cent de chlorure de sodium : 10,2 p. cent de cuivre	Poudrage 200 g	6,20
11,2 p. cent de chlorure cuivreux + 18,2 p. cent de chlorure de sodium : 7,15 p. cent de cuivre	—	10,10
9,4 p. cent de chlorure cuivreux + 15,2 p. cent de chlorure de sodium : 6 p. cent de cuivre	—	13,30
Chlorure cuivrique : 7 p. cent de cuivre (formule 1)	—	4,40
Chlorure cuivrique : 7 p. cent de cuivre (formule 2)	—	5,85
Silicate de méthoxyéthylmercure : 1 p. cent de mercure + hexachlorocyclohexane 20 p. cent	Poudrage 200 g/ql	1,30
Dicyanamide de méthylmercure : 0,8 p. cent de mercure. Solution huileuse	Aspersion 200 cc/ql	1,20
1,5 p. cent de mercure, dérivé alcoyloxyalcoylé. Solution huileuse................	Aspersion 200 cc/ql	0,80
Disulfure de tétraméthylthiurame 50 p. cent	Poudrage 200 g	2,80
Captane 50 p. cent	Trempage à 0,5 p. cent 20 mn	5,00
Acide pentachlorophénoxyacétique 10 p. cent	Poudrage 200 g	17,10
Pentachlorophénoxyacétate de sodium 10 p. cent	—	12,50
Benzoate d'oxyquinoléine	Aspersion 500 cc/ql	3,30
II. — Essais effectués en 1954.		
Témoin poudrage non traité		43
Témoin non traité trempé dans l'eau	Trempage 20 mn	27
Bouillie bordelaise 2 p. cent	—	1,3
Hexachlorobenzène 12 p. cent............	Poudrage 200	0,20

TABLEAU I *(suite)*

Produits	Mode de traitement	Pourcentage épis cariés. Moyenne
27 p. cent de diméthyl dithiocarbamate de sodium + 3 p. cent du mercaptobenzothiazole sodique	Aspersion 600 cc/ql	0
Captane 50 p. cent	Trempage 0,5 p. cent 20 mn	6,30
Dérivé ammonium quaternaire n° 1 (1)	Poudrage 200 g	43
Dérivé ammonium quaternaire n° 2 (1)	—	43
7,7 p. cent de sulfonanilide de paratoluène mercurique d'éthyle	—	0
30 p. cent de sulfate de cuivre formule commerciale	Trempage 2,5 kg par hl d'eau	1,10

Un mélange de sels de sodium de l'acide dithiocarbamique (27 p. 100) et du mercaptobenzothiazole (3 p. 100) a donné des résultats intéressants qu'il serait bon de préciser.

Le benzoate d'orthooxyquinoléine et le Captane en trempage à la concentration de 0,5 p. 100 ont une action inhibitrice sur le développement de la Carie, mais leur efficacité n'est pas suffisante.

En dehors de certains produits organomercuriques récents, les dérivés benzéniques constituent toujours les meilleurs produits utilisables pour la désinfection des semences contre la Carie du Blé. Aucun des fongicides organiques récents n'est doué d'une activité anticarie intéressante.

Le tableau I résume l'essentiel des essais effectués au cours des années 1953 et 1954.

B. — MODE D'ACTION DE CERTAINS DÉRIVÉS BENZÉNIQUES

Des expériences réalisées en laboratoire ou en pleine terre, ont permis de mettre en évidence quelques propriétés intéressantes des dérivés halogénés du noyau benzénique expliquant leur action dans la lutte contre les contaminations du sol par la carie.

Déjà J. Lhoste et Mlle Ravault en France puis Siang et Holton aux Etats-Unis, ont étudié quelques particularités du mode d'action des dérivés benzéniques. — Les résultats qui sont exposés ci-dessous apportent quelques données supplémentaires dans ce domaine.

1° Études in vitro de l'activité anticarie de l'hexachlorobenzène

L'hexachlorobenzène est très peu soluble dans l'eau et possède une certaine tension de vapeur.

L'effet de l'hexachlorobenzène sur la germination des spores de carie

a été étudié *in vitro* au laboratoire. Les spores sont ajoutées aux différentes suspensions du produit de concentrations décroissantes de façon à ce que chaque suspension finale contienne environ 50 spores par millimètre cube. Sur une lame pour observation microscopique, on dépose une goutte de la suspension finale et l'on place la lame en atmosphère saturée à l'intérieur d'une boîte de Pétri. Après une incubation de six jours le pourcentage de germination des spores est établi par une numération sous le microscope.

a) **Toxicité de l'hexachlorobenzène in vitro.** — La courbe de toxicité théorique de l'hexachlorobenzène vis-à-vis des spores du *Tilletia caries* a été établie *in vitro* en utilisant des suspensions du produit pur dans l'eau à différentes concentrations.

A 50 parties par million l'hexachlorobenzène a encore une action inhibitrice très importante. La dose léthale médiane (LD 50) est d'environ 30 parties par million.

Une solution saturée en hexachlorobenzène et filtrée inhibe complètement la germination des spores de carie ; diluée au 1/10 elle a déjà perdu cette propriété.

Il est donc possible que l'activité de l'hexachlorobenzène dans le sol puisse en partie s'expliquer par l'action d'une solution saturée du produit diffusant aux environs des semences traitées, la quantité de poudre à 10 p. 100 apportée par un grain étant suffisante pour saturer au moins 500 cc d'eau. A une densité moyenne de semis la poudre apportée par les grains peut théoriquement saturer un volume de sol très suffisant pour que les spores qui y sont contenues soient mises dans l'impossibilité de germer.

b) **Action des vapeurs de l'hexachlorobenzène.** — Dans ce cas les spores en suspension dans l'eau sur une lame sont soumises à l'action des vapeurs du produit déposé dans une petite nacelle à l'intérieur de la boîte de Pétri dans différentes conditions de température. Les moyennes des résultats obtenus avec trois répétitions sont consignées dans le *tableau II* et exprimées en pourcentages de germination des spores.

TABLEAU II

Action des vapeurs de l'hexachlorobenzène

Température	12°	14°	16°	20°
Témoin	45	70	65	23
H C B vapeurs	0	0	3	0

Les vapeurs émises par l'hexachlorobenzène sont donc susceptibles d'inhiber la germination des spores de carie mises en suspension dans des gouttelettes d'eau en atmosphère saturée.

(1) Ces deux dérivés contenaient 7 p. 100 de bromure de cetyldimethylammoniumcarbetoxymethyle.

Cette action de vapeur peut contribuer à expliquer le mode d'action du produit à l'intérieur du sol lorsqu'il n'est apporté que par la semence elle-même.

2° Action des dérivés benzéniques après la réalisation de l'infection des plantes

Lorsque les plantules de blé ont atteint le stade 2 feuilles, il est généralement admis qu'elles ne sont plus susceptibles d'être contaminées par la carie ; à partir de ce stade la plupart des jeunes plantes hébergent le mycélium du parasite dans les ébauches du futur épi.

Quelques expériences ont permis d'étudier l'action des dérivés benzéniques à différents stades de l'évolution de la carie à l'intérieur de la plante. Les semences de blé contaminées par des spores du *T. caries* sont semées dans des pots et abandonnées aux conditions naturelles du milieu extérieur. A des dates échelonnées on traite une série de ces pots en poudrant la surface du sol qu'ils contiennent avec 3 grammes du produit étudié dilué à 5 p. 100. Des arrosages permettent alors de faire pénétrer le produit dans le sol sous forme de solution saturée.

Dans une première expérience réalisée au cours du printemps de 1952, le semis a été effectué le 11 mars avec la variété Fylgia. Les spores de carie ont germé dans les 8 jours suivant le semis, le stade de 2 feuilles a été atteint vers le 30 mars pour la majorité des plantes, et l'épiaison a débuté le 1er juin. Les traitements ont à chaque fois été effectués avec quatre produits mis en comparaison :

Hexachlorobenzène.

Pentachlorobenzène.

Tetrachloronitrobenzène.

Trichlorodinitrobenzène.

Les résultats obtenus sont consignés dans le *tableau III*. Ils repré-

TABLEAU III

Action des dérivés benzéniques en traitements échelonnés du sol

Date des traitements	Pourcentage d'épis cariés			
	Hexachloro-benzène	Pentachloro-nitrobenzène	Tétrachloro-nitrobenzène	Trichloro-dinitrobenzène
17 Mars	0	0	0	4
28 Mars	0	35	0	54
6 Avril	15	36	0	60
15 Avril	11	45	0	60
24 Avril	41	60	10	66
3 Mai	45	40	10	70
12 Mai	36	70	45	75
21 Mai	50	60	44	71

sentent la moyenne des trois répétitions effectuées, exprimée en pourcentage d'épis cariés.

Dans les pots non traités on a dénombré 45 p. 100 d'épis malades.

Le deuxième essai a été effectué avec la variété Yga semée le 25 novembre dans les conditions du premier essai. Il a donné les résultats présentés dans le tableau IV. Le stade 2 feuilles a été noté vers le 1er janvier et l'épiaison a eu lieu aux environs du 1er mai. Le témoin non traité avait 22 p. 100 d'épis cariés.

TABLEAU IV

Action des dérivés benzéniques en traitements échelonnés du sol

Date des traitements	Pourcentage d'épis cariés	
	Hexachlorobenzène	Tétrachloronitrobenzène
11 Février	14	9
26 Février	15	5
2 Mai	20	22
9 Mai	21	18
21 Mai	26	22

Quatre autres produits, utilisés dans les mêmes conditions à titre de comparaison, n'ont eu aucune action sur le développement de la maladie.

Le premier essai fait apparaître une activité très tardive du tétrachloronitrobenzène puisqu'elle s'exerce encore 45 jours après le semis ; l'action de l'hexachlorobenzène ne dépasse pas 30 jours après le semis.

Les deux autres dérivés benzéniques ont eu une action qui s'est limitée à la période de germination des spores de carie. On peut donc en conclure que le tétrachloronitrobenzène et, dans une plus faible mesure, l'hexachlorobenzène sont susceptibles d'une action interne sur le *T. caries* après sa pénétration à l'intérieur de la plantule.

Cette action confirmée par le second essai dans lequel les traitements furent plus éloignés de la date du semis que dans le premier, permet d'apporter un troisième élément pour expliquer l'efficacité de certains dérivés benzéniques contre les contaminations du sol par la carie.

III. — TRAITEMENT DU CHARBON DE L'AVOINE

Dans une précédente publication, LANSADE a précisé l'importance et les caractères biologiques du charbon nu de l'Avoine *U. avenae*. La présence de spores de charbon sous les enveloppes du grain rend souvent insuffisantes les méthodes de désinfection des semences préconisées pour éliminer la maladie. Ces spores restent cependant accessibles à certains types

de produits, il ne semble pas en général qu'elles soient à l'origine d'une infection interne des semences.

Dans les premiers essais effectués en 1948 et 1949 avec des semences artificiellement contaminées à sec par des spores de l'*U. avenae* le pourcentage de panicules charbonnées était trop faible pour permettre une étude comparée des divers produits expérimentés. Par cette méthode les spores de charbon restent en surface des grains, mais ne s'introduisent pas sous les enveloppes comme dans le cas d'une contamination naturelle.

Pour éviter ces inconvénients, une technique de contamination artificielle des lots de semences utilisés pour les essais de désinfection a été mise au point en 1952.

Dans l'exposé des résultats il ne sera pas tenu compte des essais effectués en 1948 et 1949 à cause des différences peu significatives qui séparaient les produits comparés à un témoin non traité contenant à peine 3 p. 100 de panicules charbonnées.

En 1952, 1953 et 1954, les essais ont permis une étude très satisfaisante de plusieurs désinfectants de semences en fonction de pourcentages de contaminations différents.

Technique et réalisation des essais

La contamination massive d'une semence saine peut être obtenue dans des conditions faciles à réaliser. Les grains sont d'abord mis à tremper pendant 10 à 12 heures dans de l'eau, ils se gonflent et leurs enveloppes s'ouvrent légèrement. Les semences sont retirées de leur bain et mélangées immédiatement à des spores sèches à la dose de 1 gramme de spores pour 1 kilogramme de semences sèches.

Lorsque le mélange est jugé suffisamment homogène, il est séché aussi rapidement que possible, les spores se trouvent alors enfermées sous les enveloppes qui se contractent, ou retenues dans les plis qui se forment sur le grain au cours du séchage. La contamination obtenue est généralement très importante et se rapproche du type de celle que l'on observe dans les conditions naturelles, elle a atteint en 1953 près de 70 p. 100, ce qui, pour des essais de traitement, est même légèrement excessif.

La contamination des semences peut aussi s'effectuer en les trempant dans une suspension concentrée de spores de charbon pendant 8 à 10 h ; il semble que la pénétration des spores sous les enveloppes des grains soit, dans ce cas, encore plus importante que dans la technique décrite précédemment. Il devient difficile, en particulier, d'obtenir une désinfection satisfaisante même avec des produits donnant de très bons résultats dans la plupart des cas. Cette dernière technique n'a été utilisée que dans l'essai de 1952.

Dans les deux cas les semences sont séchées parfaitement après leur

contamination afin que les traitements ultérieurs puissent être réalisés dans des conditions normales.

Le lot de semences préparé est divisé en lots plus petits utilisés pour les essais de produits. Les trempages durent 20 minutes et les poudrages sont effectués à la dose de 300 g du fongicide pour 100 kg d'Avoine.

Deux répétitions sont semées pour chaque échantillon des traitements, chacune occupant en moyenne 2 m². Le pourcentage de panicules charbonnées caractérise l'activité du produit mis à l'essai.

On trouvera dans le *tableau V* les résultats détaillés concernant les essais de traitement du charbon de l'avoine au cours des années 1952, 1953 et 1954.

La Bouillie bordelaise à 2 p. 100 en trempage pendant 20 minutes, est la seule formule à base de cuivre qui ait une légère action sur le charbon de l'avoine. Le chlorure cuivrique, le chlorure cuivreux et l'acétate de cuivre, utilisés en poudrage, sont presque complètement inefficaces.

Le formol utilisé en solution, à la dose de 0,30 p. 100 du produit commercial assure une élimination parfaite et presque toujours totale du charbon de l'avoine.

Parmi les produits organomercuriques, il faut faire une distinction importante entre les formules qui émettent des vapeurs toxiques et celles qui n'en libèrent pratiquement pas.

Les produits non volatils ne permettent pas d'obtenir une destruction complète des spores de charbon, car ils n'agissent pas contre celles que protègent les enveloppes. Par contre, si l'on conserve en sac ou en flacon bouché des semences traitées avec des composés volatils, au bout de deux jours, les résultats sont nettement améliorés. C'est ainsi que le traitement est beaucoup plus efficace lorsqu'on conserve pendant deux jours les grains traités à la dicyanamide de methylmercure à 0,8 p. 100 de mercure.

Il y a donc intérêt à conserver quelques jours avant de les semer, les semences traitées avec des produits organomercuriques volatils qui éliminent alors presque totalement la maladie.

La dicyanamide de methylmercure en solution huileuse, quelquefois difficile à répartir de façon homogène sur les grains tant sa dose d'emploi est faible, peut être diluée à 10 p. 100 et utilisée alors à la dose de 3 litres par quintal sans perdre de son action. Ce procédé peut être intéressant lorsque l'on ne possède pas un équipement spécialisé pour le traitement avec cette catégorie particulière de produits.

Les formules contenant du silicate de méthoxy ethylmercure sont en général insuffisantes, d'autant plus qu'elles n'émettent pas de vapeurs toxiques.

Les produits organomercuriques par poudrage, qui assurent avec constance les meilleurs résultats, sont d'origine américaine et contiennent

Tableau V

Désinfection des semences contre le charbon de l'avoine

Produits	Pourcentage de panicules charbonnées			
	1952	1953	1954	
	Sans stockage	Sans stockage	Sans stockage	Stockage 2 jours
Témoin non traité	53	68	55	38
Témoin trempé dans l'eau 20 mn.	45	51	34	27
7,7 p. cent éthyl p. toluène sulfonanilide de mercure : 300 g/ql..	12	1,5	1,9	0
Phosphate d'éthyl mercure 300 g/ql	7,5	[illegible]	2,1	0
Dicyanamide de méthylmercure 0,8 p. cent Hg : 300 cc par quintal	46	42	19	2,3
Dicyanamide de méthylmercure 1,2 p. cent Hg : 300 cc par quintal			3,4	0,5
Dicyanamide de méthylmercure 1,4 p. cent Hg : 300 cc par quintal			4,2	0
Dicyanamide de méthylmercure 1,2 p. cent Hg dilué 10 p. cent : 3 ppp cc par quintal			2,5	0,6
Silicate de méthoxyéthylmercure 1,5 p. cent Hg : 300 g par quintal	38	40	22	22
Dérivé mercurique alcoyloxyalcoylé 1,5 p. cent Hg. Solution huileuse 300 cc/ql		15,5	12	29
Chlorure mercurique 3,5 p. cent Hg. Trempage 0,2 p. cent 20 mn.				
30 p. cent hydroxychlorophénol de mercure : 300 g par quintal.	48			
2-3 dichloro 1-4 naphtoquinone 50 p. cent : 300 g par quintal	40	63		
Tétrachloro p. benzoquinone 50 p. cent : 300 g par quintal		55		
Thirame 50 p. cent : 300 g par quintal	36	45		
Formol 0,30 p. cent. Trempage 20 mn		0,05	9	0
Captane 50 p. cent. Trempage 0,5 p. cent		3	0,6	6
Benzoate d'oxyquinoléine : 500cc/ql		60,5		
27 p. cent dithiocarbamate de Na + 3 p. cent de mercaptobenzothiazole sodique : 500 cc/ql		41	38	44
Hexachlorobenzène 44 p. cent : 300 g/ql	40			
Tétrachloronitrobenzène 50 p. cent: 300 g/ql		62		
Pentachlorophénoxyacétate de sodium 10 p. cent : 300 g par quintal		79		
Bouillie bordelaise 2 p. cent. Trempage 20 mn			9	16
Chlorure cuivrique 13 p. cent, cuivre : 300 g/ql			58	46
20,8 p. cent chlorure cuivreux + 33 p. cent chlorure sodium : 300 g/ql	46		47	36

N. B. — Les résultats sont exprimés en pourcentages de panicules charbonnées. L'essai de 1952 a été effectué avec la variété Noire de la Plata particulièrement sensible au charbon, les essais de 1953 et 1954 avec la variété Versailles.

au moins 3 p. 100 de mercure ; ils sont présentés sous la forme d'une poudre fine, et sont assez volatils.

Les formules destinées aux traitements par trempage sont généralement intéressantes, mais d'un emploi plus délicat que les précédentes. Les organomercuriques efficaces contre le charbon de l'avoine sont assez dangereux à utiliser à cause de leur toxicité pour l'homme et les animaux ; ils n'ont provoqué dans les essais aucune réduction de la faculté germinative des semences. Il faut préciser que les semences d'avoine sont moins sensibles à l'intoxication mercurielle que ne le sont celles du blé.

On peut considérer que la plupart des fongicides organiques récents sont dénués de tout intérêt dans la lutte contre le charbon de l'avoine. Le disulfure de tetramethylthiurame à 50 p. 100, les dérivés quinoniques, les dérivés benzéniques, le benzoate d'oxyquinoléine, sont notamment dans ce cas.

Cependant le Captane, utilisé en trempage pendant 20 minutes à la dose de 0,5 p. 100 possède une activité intéressante contre le charbon de l'avoine.

IV. — CONCLUSIONS

Plusieurs possibilités peuvent être utilisées dans la désinfection des semences de céréales contre les maladies charbonneuses.

Un grand nombre de produits assurent une destruction très satisfaisante des spores de carie portées par le grain de blé à condition de les utiliser en fonction de leurs caractéristiques particulières et en tenant compte des limites d'efficacité des composés actifs. Les sels de cuivre, les dérivés organomercuriques et benzéniques, entrent dans la composition de la plupart des formules commerciales efficaces contre la carie du blé. Les résultats des essais entrepris permettent en partie d'expliquer pourquoi certains dérivés du benzène sont les seuls produits qui, utilisés en traitement de semences, permettent de lutter avec succès contre les contaminations du sol par le *T. caries*.

Le traitement du charbon de l'avoine présente quelques difficultés résultant de la présence des spores sous les téguments des grains, de la faible efficacité des sels de cuivre et de l'inactivité des dérivés benzéniques.

Avec le formol, les produits organomercuriques et en particulier ceux qui émettent des vapeurs toxiques sont les produits de choix avec lesquels on peut éliminer parfaitement le charbon. Il y a intérêt lorsque l'on utilise des dérivés organomercuriques volatils à conserver les semences traitées pendant au moins deux jours en atmosphère confinée avant d'exécuter le semis pour permettre aux vapeurs toxiques de parachever la désinfection.

Reçu pour publication le 18 février 1955.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

HANSING (E. D.). — Seed treatment with new as compared with older fungicides for the control of wheat oat and sorghum smut and victoria blight of oats, in Kansas 1950 to 1952. *Pl. Dis. Reporter*, **37**, **2**, 49-52, 1953.

LANSADE (M.). — Sur le traitement du Charbon de l'Avoine. *C. R. Acad. Agr.*, 21 avril 1948.

LANSADE (M.), PONCHET (J.), GUNTZ (M.). — Nouveaux essais de traitement de la Carie du Blé. *Tilletia tritici* (BJERK) Wint. *Ann. Epiphyties*, **3**, **4**, 417-449, 1951.

LANSADE (M.). — Sur l'efficacité et l'emploi des polychlorobenzènes dans le traitement de la Carie du Blé. *Parasitica* V, **1**, 1-4, 1949.

LHOSTE (J.), RAVAULT (L.). — Premières considérations sur le mode d'action de l'Hexachlorobenzène sur les spores de *Tilletia tritici* (BJERK). *C. R. Acad. Agr.*, 30 mars 1949.

LHOSTE (J.), RAVAULT (L.). — Traitement des Blés contaminés par les spores de *Tilletia caries* (D. C.) Tul. contenues dans le sol. *Phyt. Phytopharmacie*, **1**, **5**, 1953.

PONCHET (J.), GUNTZ (M.), CHARMET (F.). — Essais de traitement de la Carie du Blé : *Tilletia tritici* (BJERK) Wint en sol infesté. *Ann. Epiphyties*, **4**, 415-421, 1952.

ETUDE DES EPIZOOTIES BACTERIENNES OBSERVÉES DANS LES ÉLEVAGES D'INSECTES XYLOPHAGES (*Rhyncolus porcatus* GERMAIN, *Scolytus scolytus* FABRICIUS, *Scolytus (Scolytochelus) multistriatus* MARSHAM)

PAR

P. PESSON, C. TOUMANOFF et C. HARARAS

Laboratoire de Zoologie de l'Institut National Agronomique, Paris
et Institut Pasteur, Paris.

PLAN DU MÉMOIRE

I. — INTRODUCTION

Les maladies bactériennes des Insectes sont, comme on le sait, très nombreuses. Elles ont été observées dans presque tous les ordres de ces Arthropodes et ont été particulièrement bien étudiées chez les Orthoptères (divers Criquets), de nombreux Lépidoptères (Ver à soie, Pyrale du maïs, Ver rose du coton, etc...), certains Hyménoptères (surtout les Abeilles), quelques Coléoptères (larves de Hannetons, etc...). Cependant, on constate en se référant à une bibliographie importante et aussi à l'excellente mise au point d'ensemble sur ce sujet publiée en 1949 par E. A. STEINHAUS, que la plupart des microorganismes reconnus comme agents pathogènes des diverses affections bactériennes des insectes n'ont été que très sommairement décrits. Cette circonstance rend même très difficile le classement de certaines affections parmi lesquelles celles dues aux « coccobacilles » sont les plus incertaines. Le recensement des divers

germes occasionnant des épizooties mortelles chez les insectes et leur description détaillée, afin de reconnaître leurs affinités avec ceux qui sont déjà connus, se posent donc au premier plan des recherches sur la pathologie des Insectes, dont l'étude méthodique a été entreprise depuis quelques années dans certains pays et particulièrement en France.

Par ailleurs, il est étonnant que les observations concernant les bactéries (pathogènes ou non) associées aux Coléoptères xylophages demeurent jusqu'ici très rares, rien n'ayant été publié sur ce sujet, en dehors de la transmission par un Curculionide : *Cryptorrhynchus lapathi* L., d'une maladie bactérienne du Saule due à *Pseudomonas saliciperda* LIND. (LINDEIGER, 1932). L'un de nous (C. HARARAS) poursuivant des études sur l'anatomie et la biologie de divers Scolytides et Curculionides xylophages [1], eut l'occasion d'observer parmi les élevages expérimentaux de larves et d'adultes des épizooties meurtrières dues à des bactéries. Il nous a donc paru intéressant de procéder à l'étude de ces germes, apportant ainsi une contribution nouvelle à la connaissance de la pathologie des Insectes.

Les premières infections observées (avril 1952) concernaient un Curculionide de la famille des *Cossonidae* : *Rhyncolus porcatus* GERMAIN, lequel vit normalement sur le pin maritime, les larves creusant des galeries dans le bois et sous l'écorce. Une bactérie (souche A) fut isolée des larves malades et des larves mortes, celles-ci présentant une pullulation de l'agent pathogène dans le tube digestif, qui se trouve liquéfié, ainsi que dans le sang. La maladie se manifestait d'abord par un jaunissement des larves, devenant progressivement brunes puis noires, à l'état post-mortem. L'infection put être reproduite expérimentalement, par élevage des larves sur de la sciure de bois contaminée avec une culture de la bactérie. La maladie put, dans ces conditions être transmise à un élevage d'un Coléoptère Scolytidae *Scolytus scolytus* FABR., le Grand Scolyte de l'Orme.

Deux ans plus tard, ayant eu l'occasion de surveiller au laboratoire des élevages d'un autre Scolyte de l'Orme, *Scolytus* (*Scolytochelus*) *multistriatus* MARSHAM, Petit Scolyte de l'Orme, de nouvelles épidémies bactériennes furent décelées. Les larves malades présentent un jaunissement, puis un noircissement du tégument se manifestant d'abord au niveau des tergites abdominaux pour se généraliser à l'état post-mortem. Dans ce cas également les éléments bactériens se retrouvent en abondance dans le sang. L'ensemencement sur bouillon, du sang des larves malades prélevé aseptiquement, permit d'emblée d'isoler deux types de bactéries, donnant parfois des infections mixtes, et que nous décrivons respectivement sous les noms de souche B et de souche C.

[1] Recherches effectuées au laboratoire de Zoologie de l'Institut National Agronomique de Paris.

L'infection a pu être transmise expérimentalement à *Scolytus scolytus* FABR., espèce sur laquelle nous avons fait l'essentiel de nos observations [1].

II. — ÉTUDE DE LA SOUCHE A [2]

Description de l'agent pathogène. — Ce germe fut d'abord isolé sur bouillon glucosé. Il s'agit d'une bactérie Gram négatif qui apparaît dans les cultures aussi bien que dans l'organisme d'insectes infestés, surtout sous l'aspect coccobacillaire, avec cependant quelques rares formes en bâtonnets (planche I, fig. A).

La dimension des éléments coccobacillaires varie de 0,4 à 1 micron ; celle des formes en bâtonnets de 1,5 à 3 microns de longueur.

Le germe est mobile et présente des cils péritriches en nombre variant de 1 à 4 de chaque côté du corps.

La croissance du germe sur bouillon ordinaire s'accompagne d'un trouble du milieu avec formation d'une pellicule en surface.

Sur la gélose ordinaire les colonies isolées sont arrondies, petites, transparentes. L'enduit formé sur la gélose est d'un blanc plutôt gras et épais.

Sur la gélose au rouge neutre se développe en 24 heures une culture à la surface et tout le long du trait de piqûre. Virage au jaune des 4/5 du tube avec fluorescence et production de gaz le 10e jour.

Sur le sérum coagulé culture abondante d'un aspect brillant verdâtre avec déjà au bout de 24 heures début de digestion. Quatre jours après l'ensemencement digestion presque complète du milieu avec, le 10e jour, virage du liquide au blanc grisâtre. Digestion complète du milieu au bout de deux à trois semaines.

Le milieu de LOEFFER est modifié de la même manière que le sérum coagulé avec cette différence qu'il est totalement liquéfié le 10e jour de culture.

Le lait tournesolé est coagulé au bout de 24 heures et on commence à observer le début de sa digestion. Le 10e jour on note la décoloration totale du milieu puis la digestion du coagulum très avancée, dont la liquéfaction s'achève dans les quelques jours qui suivent.

Le petit lait tournesolé se décolore complètement en 5 jours. Pas de phénomène de caméléonage.

Le germe est anaérobie facultatif, la croissance sur la gélose de Veil-

[1] Nous sommes heureux d'exprimer ici tous nos remerciements à M. REVAULT, Ingénieur en chef des Eaux et Forêts, Directeur de la subdivision du Bois de Vincennes, qui nous a donné toutes facilités pour recueillir nos Scolytides sur des arbres infestés, et nous a procuré l'aide matérielle nécessaire au prélèvement de souches d'arbres utilisées au laboratoire.

[2] Cette souche n'a malheureusement pu être conservée mais l'étude donnée ici est cependant justifiée, car d'autres formes très comparables ont pu être observées depuis. L'un de nous (TOUMANOFF) a notamment reçu de M. VAGO et VASILJEVIC de la Station séricicole d'Alès et étudié un germe isolé de la chenille de *Sesamia* et qui se montre très voisin de celui décrit ci-dessus.

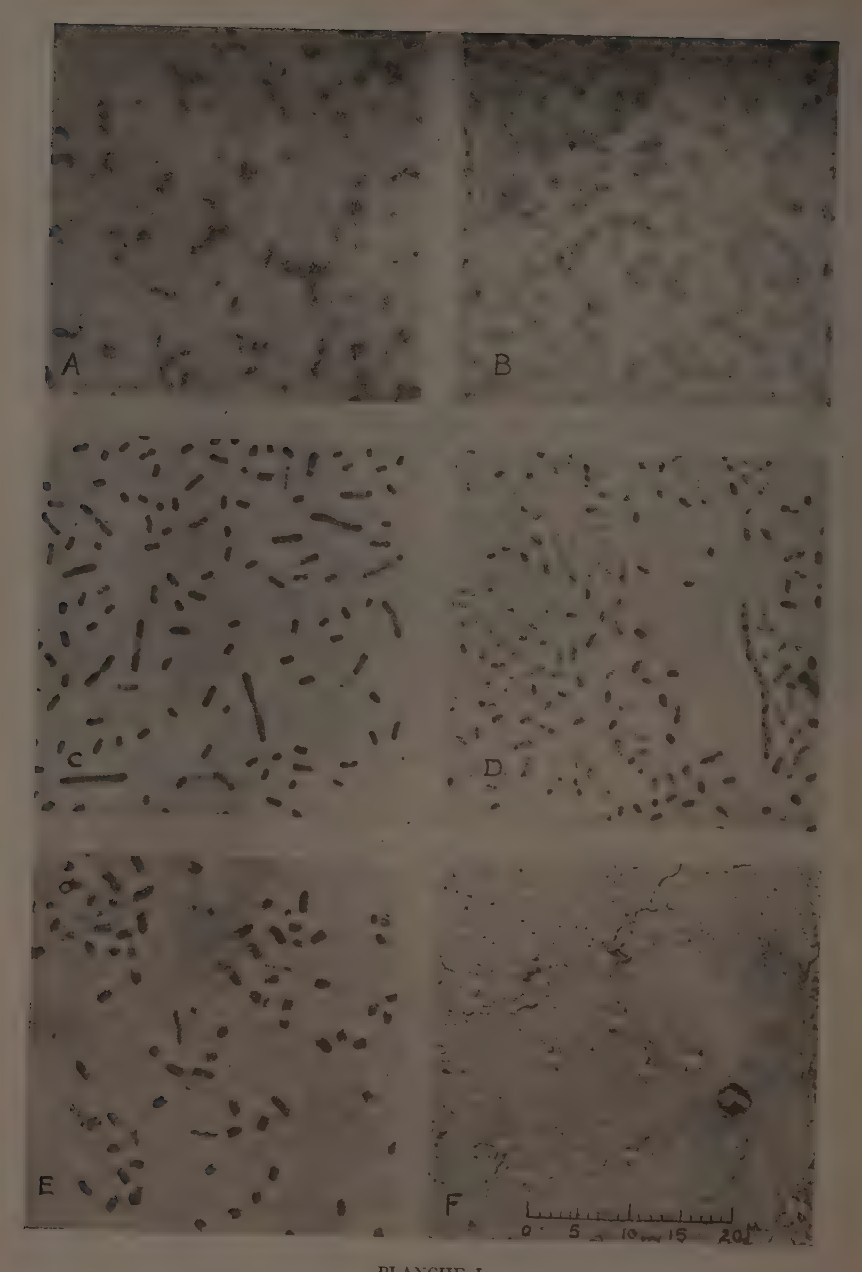


PLANCHE I

FIG. A. — Bactérie souche A, culture sur gélose, frottis coloration fuchsine.
FIG. B. — Bactérie souche B, idem.
FIG. C. — Bactérie souche C, culture sur milieu Az inorganique — glucose. Photographie sur le vivant au microscope à contraste de phase.
FIG. D. — Bactérie souche C, culture sur gélose. *In vivo* comme ci-dessus.
FIG. E. — Bactérie souche C, dans le sang de la larve de *Scolytus*. Photographie *in vivo* microscope à contraste de phase.
FIG. F. — Bactérie souche C, imprégnation des cils.

lon se fait jusqu'au milieu du tube avec production de gaz qui est très forte au bout de 5 jours et qui s'accompagne de la liquéfaction du milieu.

Pas de noircissement du milieu au sous-acétate de plomb; la culture est légèrement jaunâtre.

En eau peptonée haricot saccharosé (pH 6 et pH 7) croissance sous forme d'un trouble uniforme.

La bactérie fermente au bout de 24 heures les glucides suivants : mannite, maltose, saccharose, arabinose, glucose, lévulose, galactose, anosite, l'amidon et plus ou moins le xylose et le lactose. Il est sans effet sur salicine, dulcite, rhamnose, bien qu'il pousse en leur présence. Le xylose et le lactose dont la fermentation débute au bout de 24 heures ne sont complètement fermentés qu'au bout de 5 jours. La fermentation de la plupart de ces sucres se fait avec production de gaz, laquelle est cependant plus faible avec le lactose et le xylose.

Dans la suspension au jaune d'œuf de Mc Clung et Toabe, la croissance provoque le blanchiment du milieu sur le tiers de sa hauteur avec apparition d'un pigment rose dont la couleur s'intensifie au bout de quelques jours sans cependant devenir franchement rouge. L'inoculation directe dans l'œuf s'accompagne d'un léger durcissement du jaune qui baigne dans un liquide incolore.

Sur le milieu de Clark croissance abondante avec production d'acétylméthylcarbinol.

Dans l'eau peptonée croissance sous forme d'un trouble uniforme ; pas de production d'indol.

Forte croissance dans le bouillon nitraté accompagnée de la réduction des nitrates en nitrites. Catalase positive.

La culture de cette bactérie s'effectue très bien dans les limites de température variant de 10 à 42°C.

III. — ÉTUDE DE LA SOUCHE B

Description de l'agent pathogène. — La bactérie fut isolée du sang d'une larve malade de *Scolytus multistriatus* Marsh., et cultivée sur gélose et sur bouillon glucosé. C'est un élément Gram négatif coexistant dans les cultures et dans le sang de l'insecte sous une forme coccobacillaire et sous une forme en bâtonnet dont les dimensions sont de 0,4 à 1 micron pour les premiers et 1,5 à 2 microns pour les seconds. Tous les essais de séparation de ces deux formes sont restés infructueux, et les images observées montrent bien que les coccobacilles résultent d'une fragmentation des formes en bâtonnets (planche I, fig. B).

Examinés au microscope à contraste de phase, les éléments allongés montrent une inclusion apicale qui selon la mise au point apparaît claire, aspect de vacuole, ou fortement opaque, aspect d'un gros grain noir.

Dans les formes en pré-division, ou en cours de division, la vacuole est médiane et se reforme ainsi à l'apex de chacun des nouveaux éléments.

On observe également des éléments très mobiles, rapides. Les techniques de coloration ont alors permis de mettre en évidence l'existence des cils péritriches, au maximum six.

Les bactéries prélevées soit sur bouillon soit sur gélose, se collent fréquemment sur la lame porte-objet ou la lamelle, et par examen sur fond noir, on peut remarquer qu'il se forme à ces endroits des sortes de plages irrégulières dans lesquelles se localisent les bactéries, plages sans doute de nature muqueuse, une auréole de même aspect pouvant s'observer autour des germes isolés.

La croissance sur bouillon ordinaire se présente sous l'aspect d'un trouble uniforme qui s'accompagne au bout d'un certain temps de la formation de dépôt au fond du tube, ce qui différencie cette souche de la bactérie précédente.

Sur le bouillon nitraté la croissance est semblable mais bien plus abondante, elle s'accompagne d'une transformation des nitrates en nitrites.

Sur la gélose ordinaire les colonies sont petites, arrondies, transparentes et claires. L'enduit formé sur la gélose inclinée est plutôt gras mais brillant.

Pas de liquéfaction de la gélatine.

La culture sur la gélose au rouge neutre se fait sur toute la hauteur du tube avec assez forte production de gaz. La teinte du milieu n'est pas modifiée au bout de 12 jours de culture, les bulles de gaz persistent dans toute la hauteur du tube et tout le long de l'ensemencement en piqûre.

Sur le sérum coagulé, au bout de 24 heures, culture brillante d'un blanc verdâtre avec une très légère liquéfaction de la surface. Le même aspect persiste au bout de 12 jours, la croissance et la liquéfaction ne s'intensifiant pas.

Le milieu de LOEFFLER est modifié de la même manière que le sérum coagulé, mais la culture devient jaunâtre au bout de 8 jours, la digestion n'étant que faible, même au bout de 12 jours de culture.

Le lait tournesolé n'est pas modifié au bout de 24 heures, il se décolore progressivement au bout de 8 jours pour être complètement décoloré et presque totalement digéré le 12e jour après l'ensemencement.

Le petit lait tournesolé vire au rose au bout de 24 heures, devient mauve le 4e jour, pour redevenir bleu le 12e jour, donc un phénomène de caméléonage très net.

Le germe est anaérobie facultatif : sur gélose de Veillon culture sur toute la hauteur du tube.

Pas de formation de SH_2 sur la gélose au sous-acétate de plomb.

La bactérie fermente au bout de 24 heures les glucides suivants : saccharose, glucose, lactose, mannitol, xylose, lévulose, arabinose, mal-

tose, galactose, inositol, sorbitol. Elle fermente également la glycérine, tardivement, au bout de 48 heures et sans production de gaz.

Dans la suspension au jaune d'œuf de Mc CLUNG et TOABE pas de modification notable.

IV. — ÉTUDE DE LA SOUCHE C

Description de l'agent pathogène. — Il s'agit encore d'une bactérie Gram négatif, asporulée, anaérobie facultative, se présentant, soit dans le sang de l'insecte contaminé, soit dans les cultures sur gélose, sous deux formes coexistantes : une forme courte ovoïde et une forme longue en bâtonnet légèrement courbe. Il existe, en fait, tous les intermédiaires entre ces deux formes, dont les dimensions varient, pour la longueur de 1 à 7 microns et pour la largeur de 0,4 à 0,8 micron. Les formes courtes présentent toujours une vacuole apicale, parfois une à chaque extrémité. En culture sur gélose ces vacuoles apparaissent comme un gros grain noir en microscopie à contraste de phase. Pour les formes prélevées dans le sang des Insectes, les éléments bactériens sont plus gros et cette vacuole reste claire. Cela correspond sans doute à une différence de réfringence du contenu vacuolaire, ou de la nature même du contenu vacuolaire. Lors de l'examen sur le vivant, au microscope à contraste de phase, d'une culture sur milieu à azote inorganique plus glucose, les bactéries renfermaient fréquemment deux vacuoles, l'une noire, l'autre claire, et les éléments bactériens flottaient verticalement la vacuole noire vers la lamelle couvre-objet, indiquant ainsi que cette vacuole devait contenir une substance plus légère, peut-être un lipide. On observe également parfois, quelques formes exceptionnellement longues, notamment en culture sur gélose, ces formes qui peuvent atteindre 10 fois la longueur des formes les plus courtes, donc de 10 à 15 microns, montrent toujours un grand nombre de granulations noires, plus petites que les vacuoles, et régulièrement réparties. Notons enfin qu'en essai de culture sur milieu à base d'azote inorganique, sans glucose, les formes longues deviennent beaucoup plus grêles que les formes courtes (planche I, fig. C, D, E).

Les techniques à l'encre de Chine, et l'examen en fond noir, révèlent que chaque élément bactérien est entouré d'une mince couche réfringente, vraisemblablement de mucus, car on observe sur le vivant, la fixation de nombreuses bactéries sur la lamelle couvre-objet et les colonies sur gélose ont un caractère muqueux indubitable, s'étirant en court filament à la pointe du fil de platine lors des prélèvements.

Enfin, dans les examens sur le vivant on observe toujours un certain nombre d'éléments mobiles, très rapides. Les techniques spéciales de coloration des cils, mettent d'ailleurs en évidence l'existence de flagelles péritriches, au nombre maximum de six, mais ne persistant souvent sur le

frottis qu'au nombre de 1 ou 3 (planche I, fig. F). Ces cils peuvent atteindre au maximum trois fois la longueur des corps bactériens pour les formes courtes.

Cette bactérie se cultive bien sur gélose ordinaire. Elle forme alors des colonies nombreuses, arrondies, légèrement convexes, d'aspect gras. Ces colonies fusionnent en amas irréguliers dans les cultures âgées, mais on en devine assez longtemps les contours individuels qui peuvent alors atteindre un diamètre de 2 mm à 2,5 mm.

La culture sur bouillon ordinaire s'accompagne rapidement d'un trouble du milieu avec dépôt au fond du tube et apparition d'une pellicule en surface qui forme peu à peu un anneau plus épais.

Sur pomme de terre, on observe des colonies abondantes, d'un gris jaunâtre, se maintenant très longtemps.

La bactérie se cultive bien sur sérum coagulé et sur gélatine, mais ne provoque dans les deux cas aucune liquéfaction du milieu. Elle fermente le dextrose, le maltose, le mannitol. La fermentation du dextrose et du lactose en eau peptonée s'accompagne d'un dégagement de gaz, mais le dégagement est plus faible avec le lactose. Les premières bulles sont visibles après 36 heures de culture, et après 70 heures le dégagement gazeux est près de 4 fois plus abondant avec le dextrose qu'avec le lactose.

L'utilisation des milieux à base d'azote inorganique montre que la bactérie cultive avec adjonction de glucose, mais les colonies demeurent petites, de 1,5 mm de diamètre.

D'autres essais révèlent que la bactérie ne cultive pas sur milieu au citrate de sodium de SIMMONS, donc n'utilise pas le phosphate ammoniacal avec le citrate de sodium comme seule source de carbone.

La réaction de VOGES-PROSKAUER est négative (pas de production d'acétyl-méthyl-carbinol) cependant positive dans un cas. Par ailleurs on note l'absence de production d'indol, et pas de production d'uréase. Le lait tournesolé n'est pas coagulé, et ne présente pas de virage du tournesol. La réaction au rouge de méthyle est généralement négative, exceptionnellement positive. Pas de production de H_2S en milieu lactosé-glucosé.

V. — CARACTÉRISTIQUES DES INFECTIONS

Les infections observées dans nos élevages présentent des caractères très comparables, quelle que soit la souche en cause, aussi bien pour les larves de *Rhyncolus* que pour celles des deux espèces de *Scolytus*.

Les infections expérimentales sont faciles à réaliser par mise en élevage de larves saines sur de la sciure infectée avec des suspensions bactériennes provenant soit de cultures sur bouillon soit de cultures sur

gélose. Dans de telles conditions l'infection peut se faire tout aussi bien par voie cutanée que par voie orale.

Les infections se développent aussi bien à une température de 12 à 15° qu'à 32-35°, mais dans ce dernier cas leur évolution est beaucoup plus rapide, les premiers symptômes se manifestant alors 12 heures après la mise en élevage sur milieu infecté et la mortalité pouvant atteindre 100 p. 100 en 72 heures. A 15° la mortalité totale des lots en expérience pourrait n'apparaître qu'après 216 heures.

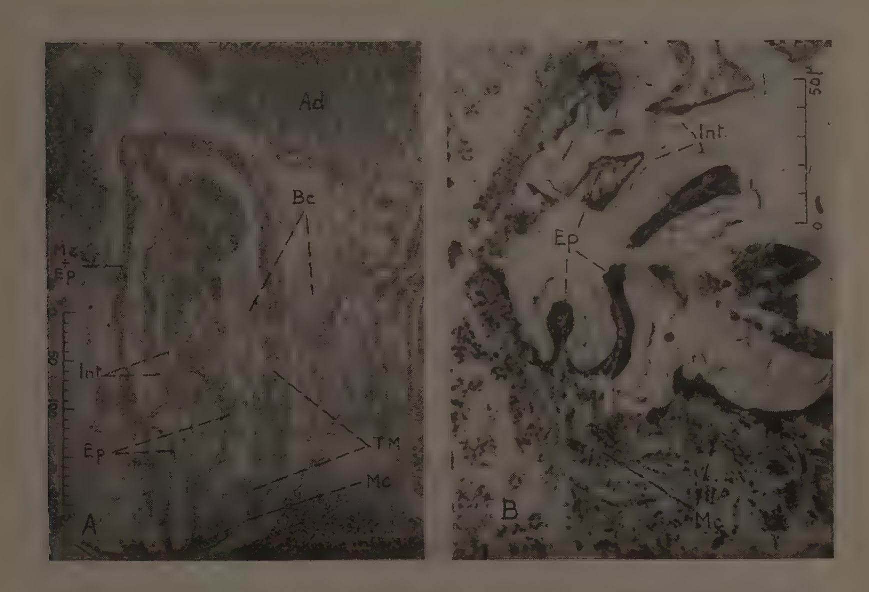


FIG. 1. — A, coupe transversale de l'intestin postérieur de la larve de *Scolytus scolytus*, au niveau du cryptonéphridisme. Infection expérimentale avec la souche C. Noter la présence de bactéries, *Bc*, entre la tunique musculo-conjonctive, *Mc*, et l'épithélium intestinal, Ep. Ad, ilot de tissu adipeux : Int, intima chitineuse ; TM, tubes de Malpighi. Sur la partie gauche de la coupe l'épithélium, plus mince, est décollé de l'intima et apparaît fusionné avec la tunique musculo-conjonctive.
B, attaque de la musculature intestinale chez la larve de *Scolytus scolytus* infectée expérimentalement par la souche C. Même légende que ci-dessus.

Les larves présentent les premiers symptômes 8 à 10 heures après la mise en expérience, donc très rapidement. Un des tests que nous avons alors utilisé pour déceler les larves malades est leur manque de réaction à la lumière très vive et concentrée utilisée pour l'examen à la loupe binoculaire. Alors que les larves saines manifestent, dans le faisceau de lumière, une réaction d'évitement se traduisant par une contraction très vive et des retournements, les larves malades demeurent peu actives ou inertes. De même elles ne réagissent plus ou très peu aux actions de contact avec une pince fine.

Plus tard, soit entre 24 et 48 heures après la mise en expérience, les

larves jaunissent puis brunissent, contrastant avec l'aspect normal blanc brillant, en raison de la réfringence du tissu adipeux à travers le tégument. Un aspect fréquemment observé est un noircissement prépondérant des régions tergales des premiers segments abdominaux. Ce noircissement se généralise à la mort. On observe alors une lyse importante des organes internes, et un liquide trouble, jaunâtre, s'écoule des blessures faites pour l'autopsie.

L'examen du sang des larves malades révèle alors une pullulation bactérienne dans le liquide hoemocoelien. L'histologie montre que les bactéries se retrouvent également dans la cavité digestive (notamment infection par souche A). Cependant on n'observe pas de pullulations de bactéries dans les cellules mêmes de l'intestin, comme l'un de nous l'a décrit à propos des infections septicémiques des chenilles du ver à soie et de l'Hyponomeute (TOUMANOFF et VAGO, 1953, et TOUMANOFF, 1954). Par ailleurs, il est fréquent d'observer des pullulations bactériennes à l'extérieur de l'intestin, voire entre la musculature et l'épithélium, alors que la cavité digestive elle-même ne renferme pas de germes (fig. 1, A). Il est vraisemblable que certaines infections sont d'origine cutanée, comme en témoigneraient encore les amas considérables de bactéries dans la zone sous-hypodermique [1].

On peut remarquer en outre que les bactéries semblent attaquer en premier lieu les îlots de cellules adipeuses, formant chez les larves saines des massifs bien délimités, ces îlots étant enfermés dans une mince enveloppe cellulaire mésodermique. Les bactéries se montrent d'abord en amas dans la partie corticale des îlots adipeux, en même temps qu'elles sont là plus basophiles que dans le sang. Elles pénètrent alors dans les cellules adipeuses elles-mêmes, se décelant dans la trame cytoplasmique, au milieu des globules de réserve. Cette pullulation des bactéries dans le tissu adipeux se révèle mieux sur frottis que sur coupes. On remarque en outre que les globules de réserve, normalement homogènes chez les larves saines, montrent chez les larves infectées des granulations noires particulières, visibles *in vivo* au microscope à contraste de phase. La nature même des globules de réserve du tissu adipeux n'a pu être précisée, mais ceux-ci comportent au moins un substrat résistant aux techniques histologiques et se colorant en bleu par le Giemsa.

Les muscles ne seraient attaqués que plus tardivement. On peut

[1] Une forme d'infection semblable a été observée par M. VASILJEVIC au laboratoire de M. VAGO à Alès chez des chenilles de l'*Hyponomeuta cognatella* Hb. infectées par le *Paracolobactrum* voisin de notre souche A, isolée par cet observateur de *Sesamia*.

A en juger par les préparations de M. VASILJEVIC qui ont été examinées par l'un de nous (TOUMANOFF) et M. VAGO, malgré la pullulation des bactéries dans la cavité générale, il était impossible de déceler leur passage de l'intestin dans cette cavité. Il n'est pas à exclure ainsi que l'infection par la voie tégumentaire puisse s'effectuer par certains germes chez les larves des Lépidoptères. Toutefois dans le cas d'infection des chenilles de *Galleria* par une forme de *cereus* — *B. cereus* var. P^3 qui provoque parfois chez cet insecte la septicémie expérimentale — la détection du passage du tube digestif dans le sang s'avère très difficile, mais fut néanmoins mise en évidence par les coupes en série (TOUMANOFF, inéd.).

notamment déceler des destructions plus ou moins étendues dans la musculature de l'intestin postérieur en même temps que les bactéries forment des amas dans l'espace péri-intestinal sous-péritonéal, où l'on observe la portion cryptosoléniée des tubes de Malpighi (fig. 1, B).

Nous n'avons pas observé de réactions cellulaires de défense. Par ailleurs nous avons constaté que des essais d'infection avec des cultures sur gélose, vieilles de 2 à 3 mois, mais présentant des colonies abondantes et tout à fait normales d'aspect, ne donnaient qu'une mortalité réduite (4 à 5 p. 100). Mais cette même souche injectée à des larves de *Scolytus scolytus*, puis remise en culture nous a permis de recréer rapidement une souche très virulente. La virulence s'accroît après le premier passage et atteint son maximum après le 4e passage sur larve de Scolytide. On obtient alors 100 p. 100 de mortalité en 60 heures.

VI. — DISCUSSION

Les trois souches de Bactéries que nous venons de décrire sont assez voisines pour que nous puissions discuter simultanément de leurs affinités spécifiques et de leur position systématique. Le tableau ci-contre montre les principaux caractères observés en culture, pour chacun de ces germes.

Caractères observés en culture pour chacune des souches de bactéries.

	Gram	Mobilité	Glucose	Lactose	Gélose profonde	Gélatine	Sérum coagulé	Lait tournesolé	Acéthyl. méthyl. carbinol	Indol	H_2S
Souche A ...	—	+ —	+ G	+ lent et faible	Liq.	Liq.	Liq.	Coag. Dig. Décol.	+	—	—
Souche B ...	—	+ —	+ G	+ G faible	non Liq.	non Liq.	non Liq.	Non coag. Décol. Dig.	+	—	—
Souche C ...	—	+ —	+ G	+ G faible	non Liq.	non Liq.	non Liq.	sans changement	— except. +	—	—

Il s'agit de bactéries Gram négatives, asporogènes, anaérobies facultatives, présentant des formes mobiles à flagelles péritriches, fermentant glucose et lactose avec production de gaz. Ces caractères permettent de rapporter ces germes aux *Entérobactériacées*, et plus spécialement à la tribu des *Eschericheae*. Mais on sait toutes les difficultés rencontrées actuellement par les systématiciens pour distinguer de façon certaine les divers genres de cette tribu : *Escherichia*, *Aerobacter*, *Paracolobactrum*, *Kleb-*

siella (Bergey's Manual 1948). D'une part certains auteurs proposent de rapprocher le genre *Aerobacter* du genre *Klebsiella* [1], (KAUFFMANN 1954), d'autre part le genre *Paracolobactrum* n'est pas reconnu suffisamment délimité (J. D. MACLENNAN, 1951) pour satisfaire à la classification des divers colibacilles atypiques du type «paracolon» répartis par BERGEY (1948) en trois espèces : *P. coliforme*, *P. aerogenoides*, et *P. intermedium*. En fait on a reconnu un grand nombre de types de paracolons, dont les uns sont regardés comme des formes atypiques de *Escherichia coli*, et les autres comme des organismes intermédiaires entre *E. coli* et les genres apparentés *Salmonella*, *Shigella*, *Proteus* [2]. Ces difficultés déjà très grandes pour l'étude des formes pathogènes de l'homme ou des vertébrés qui ont été particulièrement bien étudiées, se trouvent accrues pour les formes apparentées, décrites çà et là comme pathogènes d'Insectes. BERGEY (1948) et E. A. STEINHAUS (1949) ont bien tenté de reclasser parmi les *Enterobactériacées* quelques-unes des nombreuses formes de « *Coccobacillus* » ou « *Bacterium* », classées provisoirement jusqu'ici dans les Bactériacées. Telles sont notamment *Aerobacter aerogenes* var. *acridiorum* (d'Her.) STEINHAUS (= *Coccobacillus acridiorum* d'Her., parasite des Criquets) ; *Escherichia* (*Coccobacillus*) *ellengeri* (METALNIK et CHOR.) BERGEY et all. (pathogène des Chenilles de la Pyrale du Maïs) ; *Eischerichia paradoxa* (TOUMANOFF) (= *Colibacillus paradoxus* Toum., isolé des larves malades d'Abeilles) ; *Klebsiella capsulata* (STERNB.) BERGEY et all. (= *Bacillus capsulatus* STERNB., associé à une septicémie des Chenilles de *Barathra configurata*). Aux *Enterobactériacées* devraient sans doute aussi se rapporter bien d'autres espèces pathogènes d'Insectes décrites comme *Bacillus* ou *Bacterium* (cf. E. A. STEINHAUS 1949).

Les trois types de Bactéries que nous venons de décrire, pathogènes des larves de *Rhyncolus* et de *Scolytus* semblent bien devoir prendre place dans le groupe des coliformes atypiques.

La souche A est essentiellement caractérisée par son action liquéfiante sur la gélatine et le sérum coagulé et par son action sur le lait tournesolé : coagulation, digestion, décoloration. On peut noter que ces caractères évoquent ceux rapportés par A. PAILLOT (1922) pour diverses souches de *Bacterium* (*Bacillus*) *melolonthae liquefaciens* (PAILLOT) laquelle espèce doit vraisemblablement entrer dans le groupe des coliformes, comme l'a d'ailleurs suggéré E. A. STEINHAUS (1949). Ces mêmes caractères se retrouvent également en partie et atténués pour *Escherichia ellengeri* (METALN. et CHOR.), déjà citée ci-dessus.

La production d'acétylméthylcarbinol associée à l'absence de production d'indol, rapproche notre germe du genre *Aerobacter*, rapproche-

(1) F. KAUFFMANN (1954) transfert *Aerobacter aerogenes* dans le genre *Klebsiella* et remet en usage le genre *Cloaca* Castell et Chalmers pour *Aerobacter cloacae* qui devient *Cloaca cloacae*.

(2) F. KAUFFMANN (1954) subdivise l'ensemble des Enterobactériacées dans les genres suivants : *Salmonella, Arizona, Escherichia, Klebsiella, Cloaca, Hafnia, Shigella, Proteus* et *Providencia*.

ment confirmé par la coagulation du lait, et l'action fermentative sur divers sucres. L'action liquéfiante sur la gélatine, qui se retrouve d'ailleurs chez *Aerobacter cloacae*, mais lente et assez variable, évoque mieux cette même activité de certains *Paracolobactrum*, associée comme dans ce genre à une fermentation lente du lactose. Nous proposons donc de désigner provisoirement cette bactérie (souche A) sous le nom de ***Paracolobactrum rhyncoli nov. sp.***, ayant été observée pour la première fois sur des larves malades de *Rhyncolus porcatus* (Curculionide).

La souche B et la souche C diffèrent assez nettement de la précédente par l'absence de liquéfaction de la gélatine et du sérum coagulé. Elles diffèrent entre elles par leur action sur le lait tournesolé, la souche B provoquant une digestion suivie de décoloration, la souche C laissant le milieu inchangé. En outre la souche B donne une réaction de VOGES-PROSKAUER positive alors que la souche C donne une réaction négative. L'une et l'autre de ces formes fermentent le lactose mais la production de gaz est faible.

Ces deux souches se rapprochent également beaucoup du genre *Aerobacter* et plus spécialement d'*Aerobacter aerogenes* qui ne liquéfie pas la gélatine. Ce rapprochement se confirme par l'aspect muqueux des colonies, particulièrement important dans la souche C. Cependant cette même souche révèle une réaction négative avec les citrates et l'absence de production d'uréase, ainsi qu'une réaction négative au rouge de méthyle associée à une réaction de VOGES-PROSKAUER négative.

La souche B se laisse donc mieux comparer à *Aerobacter* que la souche C, notamment en raison de l'action digestive sur le lait et de la production d'acétylméthylcarbinol. Nous proposons donc de désigner cette espèce sous le nom de ***Aerobacter scolyti nov. sp.***, ayant été observée la première fois chez les larves malades du petit Scolyte de l'Orme.

La souche C, par ailleurs, par l'ensemble des caractères négatifs relatifs aux tests suivants : Rouge de méthyle, VOGES-PROSKAUER, Citrates, Indol, action sur gélatine, se rapproche parfaitement du type VIII du groupe des Coliformes irréguliers de la classification de WILSON. Cependant, en raison du caractère particulièrement muqueux de ce germe, qui peut se présenter tantôt mobile, tantôt plus ou moins encapsulé d'une mince couche de mucus, nous proposons de le désigner provisoirement sous le nom de ***Escherichia klebsiellaeformis nov. sp.***, pathogène pour les larves de *Rhyncolus* et de *Scolytus*.

Reçu pour publication le 14 mars 1955.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BERGEY. — Manual of Determinative Bacteriology, 6e éd., 1948, 4e réimpression, 1953.

KAUFFMANN (F.). — Enterobacteriaceae. Ed. Munksgaard, Copenhague, 2e éd., 1954.

MACKIE (T. J.) et MCCARTNEY (J. E.). — Handbook of Practical Bacteriology. Ed., Livingstone, London, 9e éd., 1953.
MACLENNAN (J. D.). — Recent Advances in Bacteriology. Ed., J. A. Churchill, London, 3e éd., 1951.
METALNIKOV et CHORINE. — Maladies microbiennes chez les Pyrales du maïs. *Ann. Inst. Pasteur*, Paris, t. 42, 1635-1660, 1928.
PAILLOT. — Les maladies bactériennes des insectes. *Ann. des Epiph.*, t. 8, 1922.
STEINHAUS (E. A.). — Insect Microbiology. Ed., Comstock Publ. Cy, N.-Y., 2e éd., 1947.
STEINHAUS (E. A.). — Principles of Insect Pathology. Ed., McGraw-Hill, N.-Y., 1re éd., 1949.
TOUMANOFF (C.). — Flore microbienne d'un couvain malade. *Bull. Soc. Centr. Med. Veter.* 80 : 367, 1927.
TOUMANOFF (C.) et VAGO (C.). — Étude histopathologique des Vers à soie atteints de *Bacillus cereus* var. *Alesti. Ann. Inst. Pasteur*, Paris 84 : 376-384, 1953.
TOUMANOFF (C.). — L'action de *Bacillus cereus* Var. *Alesti* TOUM. et VAGO sur les chenilles de *Galleria melonella* L. et *Hyponomeuta cognatella* HB. *Ann. Inst. Pasteur*, Paris 86 : 570, 1954.

DIVERSES MÉTHODES DE PROTECTION DES CULTURES CONTRE LES TAUPINS

PAR

L. BONNEMAISON

Station centrale de Zoologie Agricole, Versailles

PLAN DU MÉMOIRE

INTRODUCTION

Les larves de taupins ont été de tout temps considérées comme l'un des ennemis les plus dangereux des plantes sarclées, des Céréales, des cultures maraîchères et florales.

Il semble qu'il y ait eu, entre 1940 et 1945, une notable recrudescence de leurs dégâts dans le bassin parisien, le Nord et l'Est de la France pour les Céréales et la Betterave, et en Bretagne, pour les Céréales et la Pomme de terre.

Au cours de la guerre 1939-1945, les Anglais ont procédé au défrichement de prairies afin d'accroître la surface des terres cultivées ; ces cultures ont fortement souffert des attaques de taupins et des études approfondies ont été consacrées en Grande-Bretagne à la biologie et aux moyens de lutte à appliquer contre ces ravageurs. Les taupins sont également très nuisibles dans la plupart des pays européens ainsi qu'en U. R. S. S. Aux Etats-Unis, plusieurs espèces d'Elatérides occasionnent des pertes sévères à diverses cultures et plus spécialement au Maïs.

Ce travail relate les essais de traitements poursuivis depuis 1946 dans la région parisienne sur les Céréales et la Betterave et en Bretagne, à Pleyber-Christ, sur la Pomme de terre. Dans le chapitre suivant, il ne sera fait mention que de quelques observations biologiques ayant une relation directe avec les moyens de lutte qui peuvent être envisagés.

Les essais comparatifs de produits insecticides donnent souvent des résultats irréguliers quant à l'efficacité relative des produits essayés. Cela tient à la diversité des conditions sous lesquelles on opère : nature du terrain, conditions climatiques, plus ou moins grande attirance ou sensibilité des plantes vis-à-vis des larves ; les conclusions fournies par les nombreux travaux qui ont été effectués sur ce sujet sont en conséquence souvent très divergentes.

C'est pourquoi il m'a paru nécessaire de faire une large synthèse des publications qui ont été consacrées à cette question afin d'être en mesure d'en tirer des conclusions reposant sur le maximum d'expérimentations.

Certains essais, notamment ceux relatifs à l'action phytocide des produits utilisés, ont nécessité des relevés longs et minutieux qui ont été réalisés, avec le plus grand soin, par MM. Parisot, Chansigaud et Rident, agents techniques à la Station centrale de Zoologie Agricole.

I. — PARTICULARITÉS BIOLOGIQUES DES *AGRIOTES* EN RELATION AVEC LES MÉTHODES DE TRAITEMENT

En France, plusieurs espèces d'*Elateridae* s'attaquent aux plantes cultivées ; les plus nuisibles appartiennent au genre *Agriotes*. L'espèce la plus commune est *A. obscurus* L ; *A. lineatus* L. est fréquent dans la

région parisienne et l'Ouest ; *A. sputator* F. est plus spécialement cantonné dans le Nord, l'Ouest et la région parisienne; enfin, *A. ustulatus* SCHALL n'est assez commun que dans les Landes et le Midi.

Les adultes hivernent dans le sol à l'intérieur d'une coque nymphale confectionnée avec de la terre et parfois hors de celle-ci ; ils remontent au printemps dans les couches superficielles du sol et leur sortie a généralement lieu après une pluie. Ils apparaissent de façon échelonnée et plus ou moins tôt suivant les espèces. En Angleterre, COHEN (1942) a observé les premières sorties le 13 avril, mais le maximum de captures sur des appâts-pièges a été relevé entre le 6 et le 26 mai 1938, du 1er au 27 juin 1939 et du 10 au 30 mai 1940 ; *A. sputator* apparaît généralement une semaine après *A. obscurus*.

En 1948, j'ai réparti dans une jeune luzernière du Centre de Recherches Agronomiques des bottillons de Luzerne et de Graminées ; des bottillons frais étaient apportés tous les 5 jours dans le champ et les taupins étaient récoltés tous les jours ou tous les deux jours sur les bottillons anciens et frais. Les sorties importantes d'*A. lineatus* et d'*A. sputator* ont eu lieu après une forte pluie (17 avril). *A. obscurus* n'a été trouvé qu'après les précipitations du 28 avril au 2 mai et dans une prairie où *Dactylis glomerata* était la plante dominante ; il n'a été relevé dans la luzernière qu'à partir du 10 mai. Alors que le nombre des individus capturés des deux autres espèces restait sensiblement constant, la population d'*A. obscurus* a progressivement augmenté et devenait la plus élevée des trois espèces à partir du 20 mai (fig. 1). Au cours des années suivantes, les premières sorties ont été observées entre le 28 mars et le 19 avril ; pour les trois espèces, les femelles sont apparues un peu plus tardivement que les mâles. En Bretagne, les taupins les plus précoces ont été notés le 16 mars 1948, et la population maximum a été relevée entre le 28 mars et le 21 juin; *A. obscurus* est l'espèce la plus commune ; viennent ensuite *A. sputator* et *A. lineatus* (d'AGUILAR, 1949).

Jusqu'à ces dernières années, il était généralement admis que les taupins étaient incapables de voler. SUBKLEW (1935) avait remarqué que les mâles d'*A. obscurus* volaient de temps à autre et FRYER (1941) avait également observé des vols de la même espèce. D'après BRIAN (1947), *A. obscurus* et *A. lineatus* ne volent que lorsque la température excède 21°, l'humidité relative de l'air est supérieure à 80 p. 100 et par des journées ensoleillées ou tout au moins très claires ; en Sibérie, *A. obscurus* vole au crépuscule depuis la fin mai jusqu'à la fin de juillet (MASAITIS 1929) ; aux environs de Moscou, *A. obscurus* et *A. lineatus*, se rassemblent en plus grand nombre dans des parcelles de Seigle que dans celles de Lin ce qui semble prouver qu'ils volent assez aisément et qu'ils sont capables, au cours de leurs déplacements, de faire un choix parmi les cultures qu'ils rencontrent sur leur parcours (GHILAROV 1941). En Bretagne, d'AGUILAR

(1951) a observé des vols d'*A. lineatus* et *obscurus* par des journées chaudes et orageuses.

Les taupins peuvent franchir en marchant des distances assez considérables. GOUGH et EVANS (1942) ont lâché 831 *A. obscurus* marqués le 5 juin ; il a été retrouvé entre le 10 et le 17 juin, 200 taupins au voisinage du lieu où ils avaient été libérés, 7 à 10 m, 5 entre 15 et 20 m, et 1 à 30 m ; ils sont plus actifs par les journées ensoleillées que par temps froid ou pluvieux.

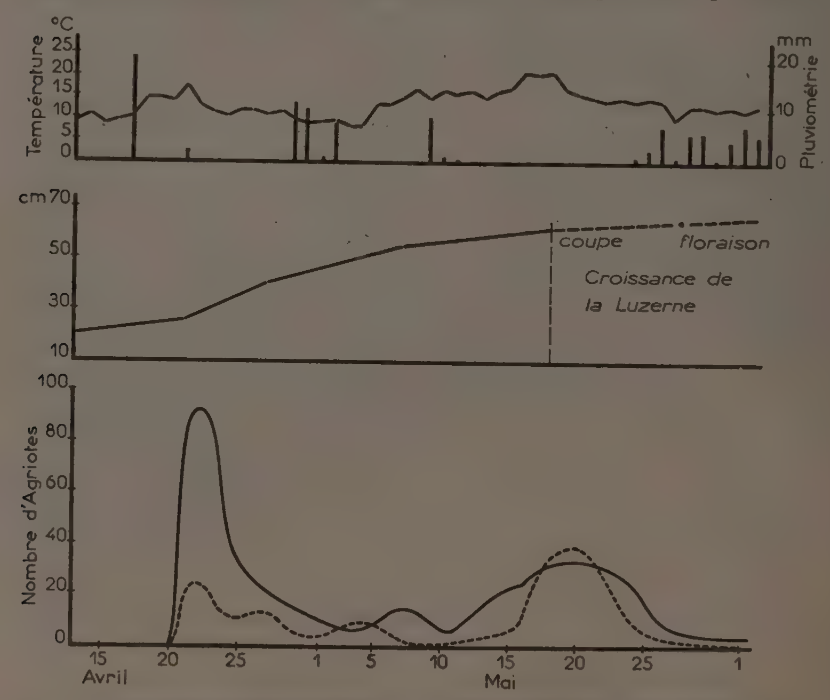


FIG. 1. — Températures moyennes journalières à 2 m sous abri, pluviométrie, croissance de la Luzerne et nombre d'*A. sputator*, *A. lineatus* et *A. obscurus* capturés sur 10 bottillons de Luzerne (en pointillé) et de Graminées (en trait plein) répartis dans un champ de Luzerne. Versailles 1948.

Ils s'alimentent du feuillage des plantes les plus variées mais l'alimentation a une importance considérable sur la longévité des adultes et la fécondité ; en se référant aux travaux de BRIAN (1946), les plantes peuvent être classées en 3 catégories :

— celles qui entraînent une faible longévité et une fécondité moyenne inférieure à 35 œufs : Pomme de terre et surtout Lin.

— celles qui permettent une longévité moyenne et une fécondité de 48 à 58 œufs : Blé, Trèfle, Moutarde.

— enfin, celles qui sont très favorables à une haute longévité et à une forte fécondité (*Lolium* : 85 œufs, *Festuca* : 128 œufs, *Agrotis* : 140 œufs).

Les femelles recherchent, pour pondre, des terrains humides ou frais ; les prairies, les Légumineuses fourragères (Luzerne, Trèfle) constituent donc un milieu particulièrement favorable ; les Céréales, qui ont un important développement foliacé au printemps, assurent généralement une humidité suffisante du sol pour permettre la ponte dans des conditions assez satisfaisantes. Dans un sol meuble et humide, les œufs sont déposés à une profondeur variant de 10 à 190 mm, 60 à 80 p. 100 d'entre eux étant déposés dans les 60 mm superficiels. Des essais comparatifs ont été réalisés par GOUGH et EVANS (1942) afin de préciser l'influence de la culture sur la ponte ; il a été obtenu, pour une ponte rapportée à 100 pour les prairies, 39 pour le Blé, 22 pour le Trèfle, 16 pour le Chou, et 1 pour la jachère. Dans les cultures de plantes sarclées, les femelles, en s'enfonçant à une grande profondeur dans le sol afin de trouver une zone suffisamment fraîche, meurent dans une forte proportion (LANGENBUCH 1932).

A Versailles, la ponte commence à la fin du mois de mai et la majorité des œufs sont déposés avant le 5-10 juin ; elle se termine entre le 25 juin et le 3 juillet suivant les années. En Bretagne, la ponte a été observée entre le 22 mai et le 17 juillet (d'AGUILAR 1949). La fécondité moyenne d'*A. obscurus* est de 103 œufs d'après COHEN (1942) et de 217-237 œufs d'après SUBKLEW (1934) ; la durée de l'incubation varie pour *A.obscurus* de 29 à 47 jours avec un maximum très marqué à 38 jours (COHEN 1942).

Dans la région parisienne, les pontes les plus précoces éclosent dans les derniers jours de juin, mais les jeunes larves ne sont nombreuses qu'à partir du 15-20 juillet. D'après LANGENBUCH (1932), SUBKLEW (1935), BALACHOWSKY et MESNIL (1935) les larves à tous les âges peuvent se nourrir de matières en décomposition en plus des végétaux. EVANS et GOUGH (1942) ont élevé des larves néonates ou parvenues à la moitié de leur développement et ont constaté qu'elles ne consomment que des tissus vivants ; les néonates ne disposant que de débris végétaux meurent avant la fin du second âge (MILES et COHEN 1941).

La durée de la croissance larvaire est de 4 ans au cours desquels l'animal mue à 8 reprises, les mues correspondant à de longues périodes d'arrêt d'alimentation.Or la durée de chaque âge larvaire varie considérablement suivant la nature de l'aliment ; le Blé assure une croissance beaucoup plus rapide que la Carotte et surtout que le Haricot (EVANS et GOUGH 1942).

Des numérations de larves ont été faites sur des prairies par la méthode de flottaison ; la population est minimum en juillet-août ; elle augmente au cours de l'automne, devient maximum de janvier à avril et décline brusquement ensuite ; 75 p. 100 de la population se trouve à une profondeur de 0 à 15 cm et 90 p. 100 de 0 à 30 cm. (ROSS, STAPLEY et COCKBILL 1947).

Les attaques larvaires commencent dans la région parisienne vers la

fin du mois de février et cessent vers le milieu du mois de mai pour reprendre au début de septembre et se terminer aux premiers froids. Dans les régions à climat doux et humide, les attaques larvaires se manifestent pendant une période beaucoup plus longue ; elles ne sont nulles ou très faibles qu'au moment des plus grands froids et au cœur de l'été.

Cependant, dans un cas comme dans l'autre, les dégâts ne sont pas, pour une même espèce de plante cultivée, proportionnels à la population larvaire ; des champs contigus ensemencés avec la même plante et ayant sensiblement la même densité larvaire sont parfois attaqués de façon très différente. Au cours de mes essais de traitement, j'ai constaté, à plusieurs reprises, des écarts considérables qui semblaient être en liaison avec la plante cultivée l'année précédente. Il est difficile de préciser les causes de ces phénomènes en raison du rôle important que jouent les facteurs climatiques et qui ont été très différents d'une année à l'autre.

En Angleterre, où il a été procédé à de nombreux relevés de population larvaire par la méthode de flottaison, on entend par « populations basses » celles qui sont inférieures à 750 000 larves par ha, « moyennes » pour 750 000 à 1 500 000 larves, « hautes » : 1 500 000 à 2 500 000 larves, « très hautes » au delà de 2 500 000 larves.

Dans les expériences, faites en pot, de BROADBENT (1946), une larve d'*Agriotes* a détruit en moyenne 4 à 5 plantules d'Avoine. ROSS, STAPLEY et COCKBILL (1948), signalent que les attaques de taupins sont négligeables dans les champs où la population larvaire est de l'ordre de 625 000 larves à l'ha. Au moment de la levée, une culture de Céréales a une densité de 2 500 000 à 3 750 000 pieds à l'ha ; si chaque larve détruisait 4 pieds, la culture serait anéantie. Il n'est pas rare d'obtenir une récolte moyenne dans un champ ayant approximativement autant de larves que de plantes. En fait, les larves cessent de s'alimenter pendant une longue période au moment de la mue et, suivant la date à laquelle se produira cette dernière, les larves pourront s'attaquer à des plantes très jeunes ou bien développées et être, par conséquent, très nuisibles ou n'avoir qu'une faible importance économique.

Dans un champ qui semble très homogène, les dimensions des larves provenant de pontes faites vraisemblablement la même année varient assez fortement et les mues s'échelonnent sur une assez longue période. J'ai observé dans un champ ensemencé en 1949 avec de l'Avoine de printemps et de la Luzerne, retourné à l'automne 1950, ensemencé en betteraves en 1951 et en Avoine de printemps en 1952 de grandes différences dans la taille des larves au mois de mai 1952. Ces écarts sont évidemment beaucoup plus accusés lorsque la ponte a lieu pendant 2 ou 3 années consécutives (cas de Luzernes maintenues en place durant plusieurs années) ; la nature des plantes cultivées l'année précédente, les façons culturales, les conditions climatiques intervenant de façon extrêmement complexe ;

il n'est donc pas surprenant qu'il n'y ait pas constamment de parallélisme entre la population larvaire et les dégâts, ce qui explique l'irrégularité des résultats qui peuvent être fournis par l'application de l'une ou l'autre des méthodes de lutte appliquées.

Parasites et prédateurs

Les larves et les adultes sont détruits dans une faible proportion par quelques oiseaux : Faisans, Corneilles, Freux, Etourneaux, Vanneaux, et les larves par les Taupes, les Musaraignes et les Mulots.

Il a été trouvé des larves qui semblaient être tuées par des Bactéries (LANGENBUCH 1932) et quelques Champignons parasites des larves et des adultes (*Metarhizum anisopliae* METCHN.) ou seulement des adultes d'*Agriotes* et d'*Elater* (*Entomophthora Carpentieri* GIR.). Il a été fait sans succès des essais de lutte biologique avec *Beauveria bassiana* et divers *Isaria*. Un petit nombre d'Hyménoptères sont parasites des taupins ; il a été signalé en France *Phaenoserphus pallipes* LATR par REGNIER (1928), et *Paracodrus apterogynus* HAL., qui se développe dans les larves, en France (d'AGUILAR 1949), en Allemagne et en Esthonie. Des Nématodes (*Mermis* sp.) ont été trouvés dans des imagos d'*A. obscurus*.

Le rôle de ces prédateurs ou parasites est très faible.

II. — MÉTHODES DE LUTTE BIOLOGIQUES ET CULTURALES

Une des méthodes de lutte les plus anciennes est celle des appâts-pièges utilisés pour la capture des larves ou des adultes. On a préconisé de disposer de place en place dans les jardins renfermant des larves de taupins des tranches de Pomme de terre ou de Betterave distantes de 0,75 à 1 m. Ces appâts sont mis à une profondeur de 3 ou 4 cm, recouverts de terre et leur emplacement est marqué par de petites baguettes ; on examine les appâts au bout de 3 à 5 jours et l'on récolte les larves ; les appâts doivent être renouvelés dès qu'ils commencent à se dessécher. Cette technique ne peut être employée que dans les jardins et elle donne des résultats très variables suivant les conditions climatiques et la plus ou moins grande attractivité pour les larves des plantes cultivées dans les parcelles. Une amélioration consiste à saupoudrer les appâts d'un insecticide (aldrine, lindane, parathion, etc...) ce qui supprime la récolte des larves.

Nous avons vu précédemment que les adultes sont attirés par des bottillons de Légumineuses ou de Graminées. En 1888, COMSTOCK a préconisé la mise en place de ces bottillons dans les cultures que l'on voulait

protéger des attaques ultérieures de larves ; les bottillons étaient secoués sur des récipients ou des toiles afin de faire tomber les taupins. Par la suite, on s'efforça d'améliorer le procédé en pulvérisant sur les bottillons une substance arsenicale ou de la mélasse arséniée. D'AGUILAR (1949) a utilisé en Bretagne des bottillons de Légumineuses (Trèfle) ou de Graminées (Ray-grass, Avoine, Dactyle) saupoudrés d'H. C. H. ou de D. D. T. et placés à 10 m en tous sens. J'ai essayé en 1948 des bottillons de Luzerne ou de Trèfle traités avec du D. D. T., de l'H. C. H. ou du parathion ; un assez grand nombre de taupins ont été détruits mais ils ne constituaient qu'une proportion infime de la population existant dans le champ ; cette méthode présente en outre l'inconvénient d'exiger une main-d'œuvre considérable.

Les œufs et les larves sont extrêmement sensibles à la sécheresse ; les œufs, les jeunes larves et les nymphes d'*A. lineatus* meurent rapidement, d'après SUBKLEW (1934), lorsqu'ils sont placés dans une atmosphère ayant une humidité relative inférieure à 98 p. 100 ; les œufs d'*A. obscurus* meurent lorsqu'elle est plus basse que 100 p. 100.

Les populations larvaires les plus élevées se trouvent dans les terrains humides ou dans les zones les plus fraiches d'un champ ; elles sont plus fortes dans les terres compactes que dans les sols légers ; cependant, lorsque ces terres légères recouvrent un sous-sol très humide, la densité larvaire peut être considérable.

Toutes les conditions qui ont pour conséquences de maintenir la terre superficielle suffisamment fraîche sont favorables aux taupins, soit en diminuant la mortalité des œufs ou des jeunes larves, soit en permettant aux larves de tout âge de se tenir à une faible profondeur dans le sol pendant une plus longue période. C'est pour cette raison que les attaques de taupins sont généralement plus graves dans les régions à climat maritime que dans celles à climat semi-continental ou continental, les années à printemps humide que celles où la pluviométrie hivernale et printanière est inférieure à la normale, dans les cultures à feuillage dense (Légumineuses fourragères, prairies) que dans les cultures sarclées ; les larves sont, cependant, peu nombreuses dans les terres très humides.

On objectera que les dégâts de taupins sont parfois très importants dans des régions ou des sols relativement secs ; une partie de mes observations et de mes essais ont été faits en Beauce où la pluviométrie est très faible. En raison de la rotation des cultures, un champ peut présenter pendant 1, 2 ou plusieurs années (Luzerne retournée seulement la 3[e] ou la 4[e] année) des conditions de milieu favorables à la ponte et au développement des premiers âges larvaires ; dans ce champ ayant une densité larvaire moyenne ou faible seront semées des plantes qui couvriront peu la terre : Céréales, Pomme de terre, Betterave, etc., ce qui entraînera une certaine dessiccation des couches superficielles du sol. Les larves seront alors

amenées à compenser la déshydratation de leurs tissus par une alimentation plus aqueuse ou plus importante.

L'humidité optimum pour les larves d'*A. obscurus* et d'*A. lineatus* se situe entre 60 et 90 p. 100 (LANGENBUCH 1932) ; dans les terres riches en humus, les pommes de terre sont fortement attaquées lorsque l'humidité du sol est de 50 p. 100 ; les dégâts sont plus faibles lorsque l'humidité est de 60 p. 100 et nuls à 75-90 p. 100 (LANGENBUCH 1932). D'après PRINTZ et BOBINSKAYA (1936), à la température de 20°, les larves d'*A. obscurus* se rassemblent dans les parties du sol où l'humidité est égale ou supérieure à 50 p. 100 ; elles ne s'attaquent aux végétaux que lorsque l'humidité du sol devient inférieure à 25 p. 100.

On voit donc que, d'une part, les terres qui restent fraîches ou humides pendant l'été sont favorables au maintien d'une haute densité de taupins, la mortalité des œufs et des jeunes larves étant faible dans ces sols, et que d'autre part, une dessiccation temporaire de la terre entraîne une augmentation relative des dégâts ; si l'on ajoute à cela l'influence de l'âge des larves, le rôle de l'aliment absorbé par les larves au printemps de l'année où l'on cherche à déterminer les causes des dégâts ou au cours de l'année précédente, on conçoit que la combinaison de ces différents facteurs, parfois opposés dans leurs effets, ait pour résultante des modalités d'attaque extrêmement variées. J'ai eu l'occasion d'observer à plusieurs reprises cette diversité des dégâts dans des terres qui semblaient homogènes, notamment dans des régions où les opérations de remembrement aboutissaient à la création de pièces groupant deux ou plusieurs champs ensemencées auparavant avec des plantes différentes ou soumises à des façons culturales variées.

Les conclusions pratiques qui peuvent être tirées de ces observations sont, qu'en règle générale, et dans les régions où les taupins sont fréquemment nuisibles, il sera avantageux de drainer les terres humides ou de cultiver de préférence dans ces terres des plantes peu recherchées par les larves de taupins.

Il est évident que les plantes supportent d'autant plus facilement les attaques des taupins qu'elles sont plus âgées et plus vigoureuses au moment où les larves se portent vers elles ; une bonne préparation du sol, l'apport de fumures équilibrées, des semis précoces, des façons superficielles après la levée qui activent la croissance du système racinaire et favorisent le tallage, assurent une diminution sensible des dégâts.

Rotation. Choix des cultures. Façons superficielles. Dates des semis ou plantations

Les diverses méthodes de lutte énumérées dans ce titre, bien que de nature très différente, ont été groupées, car elles découlent fréquemment

l'une de l'autre. Elles reposent toutes sur la sensibilité des œufs ou des larves à la sécheresse ou sur les particularités du comportement larvaire qui ont été citées précédemment.

Le lieu de prédilection des pontes et du développement des jeunes larves est constitué par les prairies naturelles ou artificielles et les Légumineuses fourragères ; les cultures qui font suite à ces plantes ont donc les plus grandes chances d'être fortement attaquées.

COCKBILL, ROSS et STAPLEY (1947) ont étudié l'influence de la date du labour de vieilles prairies permanentes sur la population larvaire. La période optimum se situe en février-mars ; la densité des larves diminue graduellement jusqu'en juillet et brusquement ensuite ; cela tient vraisemblablement à ce que les larves ne peuvent s'alimenter au printemps ; la mortalité sera beaucoup plus importante si le sol est laissé en jachère.

En ce qui concerne les Légumineuses fourragères, la population larvaire sera d'autant plus importante que la plante aura été laissée plus longtemps en place ; les larves seront plus âgées et par conséquent plus nuisibles et plus résistantes ; l'importance des méthodes de lutte qu'il y aura lieu d'envisager, le choix des plantes qui feront suite à cette culture seront donc conditionnés par la durée de la culture fourragère.

Les dégâts maxima n'ont généralement pas lieu (lorsque le labour a été fait au début du printemps) l'année de l'enfouissement de la culture fourragère, mais une année plus tard. J'ai observé, à plusieurs reprises, sur des cultures faisant suite à une luzernière de 3 ans que la culture faite la 2e année après le labour était relativement plus touchée que celle de la 1re année ; cela est dû, pour une part, à ce que les larves sont plus âgées, mais vraisemblablement aussi au fait que les larves continuent de s'alimenter pendant la 1re année des fragments enfouis de Luzerne car la population larvaire est nettement plus faible la seconde année que la première.

La population larvaire diminue en effet graduellement dans les cultures qui font suite à une prairie ou à une culture fourragère et d'autant plus vite que les cultures sont plus défavorables aux larves, soit en raison de l'espèce de plante cultivée, soit par suite des façons superficielles qui peuvent être exécutées.

Le Lin, le Pois et le Haricot ne sont pratiquement pas attaqués et peuvent être cultivés sans inconvénient dans des terres ayant 2 à 3 millions de larves à l'hectare. Les Crucifères (Colza, Navette, Moutarde, Choux) ainsi que le Sarrasin, sont un peu plus sensibles. Les autres cultures sont beaucoup plus vulnérables mais à des degrés divers ; les Céréales d'hiver, notamment celles qui sont semées suffisamment tôt à l'automne peuvent donner de bonnes récoltes dans des sols où la population larvaire est de 500 000 à 750 000 à l'hectare. Parmi les cultures de printemps, l'Avoine et la Betterave sont généralement plus sensibles que le Blé et

celui-ci moins résistant que l'Orge ; l'importance des lésions sur la Pomme de terre varie beaucoup suivant la date de la récolte.

Les façons superficielles effectuées par des journées chaudes et ensoleillées entraînent une forte mortalité des œufs et des jeunes larves en les exposant brusquement à la chaleur et à une faible humidité relative. Leur action est beaucoup plus réduite sur des larves âgées, mais en maintenant une certaine dessiccation du sol jusqu'à plusieurs cm, elles obligent les larves à gagner les couches profondes et rendent leur alimentation difficile ; elles provoquent également des lésions extrêmement légères de la cuticule qui entraînent une déshydratation légère des tissus mais suffisante pour entraîner la mort des larves en raison de leur extrême sensibilité, ainsi que l'a montré WIGGLESWORTH (1945).

La destruction des œufs et des jeunes larves sera obtenue par des façons appliquées en août et septembre. Pour des larves âgées de 7 mois ou davantage, les façons culturales devront être exécutées au moment où elles se trouvent dans les couches superficielles du sol, c'est-à-dire en février, mars et avril et depuis la fin d'août jusqu'au début d'octobre. Dans le premier cas, seules les cultures de Céréales et de Crucifères de printemps, de Lin, de Betterave, de Pomme de terre permettent l'exécution des façons de printemps ; elles s'avèreront d'autant plus efficaces qu'elles seront réalisées par une journée plus chaude et plus tardivement. Les façons automnales nécessitent des déchaumages réalisés peu de temps après la moisson, ce qui entraînera la levée de plantes cultivées et sauvages sur lesquelles se porteront les larves ; une, et de préférence deux façons superficielles, appliquées dans le courant de septembre à 2 ou 3 semaines d'intervalle permettront de détruire une certaine proportion de ces larves.

Même en l'absence de façons culturales exécutées spécialement en vue de la destruction des larves, la succession des cultures entraîne une diminution rapide de la population qui est d'autant plus accusée qu'elle est plus élevée initialement. En Angleterre, où les conditions climatiques sont plus favorables aux taupins que pour la France (à l'exception des zones maritimes) on admet qu'une population initiale de 5 000 000 larves par hectare (prairie) est réduite de 63 p. 100 après un an de culture et de 87 p. 100 après deux années ; pour une population initiale de 625 000 larves la diminution de population n'est que de 10 p. 100 à la fin de la 1re année et de 50 p. 100 à la fin de la seconde année (COCKBILL, ROSS et STAPLEY, 1947).

Les taupins occasionnent de graves préjudices aux pommes de terre en diminuant le rendement et surtout en réduisant leur valeur marchande par les galeries qu'ils creusent dans le tubercule.

Les morsures ont lieu au printemps sur le tubercule mère et à partir du début de juillet ou de la fin du mois d'août, suivant les variétés, sur les tubercules en cours de développement, les tubercules jeunes n'étant

pas attaqués. Des expériences effectuées en Angleterre ont montré que la proportion de tubercules endommagés augmente de façon régulière de 1 p. 100 par jour entre le 1er septembre et le 1er octobre.

En Bretagne les morsures larvaires sur les tubercules débutent dès la fin de juin pour des variétés hâtives ou demi-hâtives (*Belle de Fontenay*, *Bintje*, *Saucisse*) et leur nombre augmente rapidement durant les mois de juillet et août ; pour les variétés *Osbote* et *Ackersegen* les attaques importantes ne commencent qu'à la mi-août et s'intensifient jusqu'à la fin de septembre (d'Aguilar, 1949). Il y aurait donc intérêt dans les régions de production de plant de Pomme de terre à récolter les tubercules une vingtaine de jours après la destruction des fanes ; malheureusement, les tubercules arrachés aussi précocement sont particulièrement vulnérables à la Fusariose.

Aux environs de New-York, Rawlins (1940) a effectué des plantations de Pomme de terre à des dates échelonnées afin de déterminer la relation existant entre la date de plantation et l'importance des dommages ; les pourcentages de morsures ont été de 88,8 pour la plantation du 19 mai, de 65,3 pour celle du 3 juin, de 35 pour celle du 23 juin et de 14,5 pour celle du 7 juillet, la tubérisation commençant 56 à 61 jours après la plantation. Les relevés de population larvaire effectués à intervalles réguliers ont montré que le nombre des larves a augmenté régulièrement entre le 20 juillet et le 1er septembre (avec un maximum au cours du mois d'août) puis a diminué rapidement. Ceci présente un grand intérêt, la vérification de l'état sanitaire des pommes de terre au point de vue des maladies à virus par la méthode de préculture (Barbier, 1954) étant réalisée par la plantation de tubercules dans le courant du mois de juillet.

III. — TRAITEMENT DU SOL

A. — Historique

Il a été préconisé jusqu'en 1943 l'incorporation au sol de substances variées en vue de la destruction des larves de taupins ; un historique très complet de cette question a été fait par Gough (1945).

Les larves d'*Agriotes* semblent être plus fréquentes dans les sols acides que dans les terres alcalines ; Blunck et Merkenschlager (1925) ont signalé ce fait en Allemagne et trouvé des larves dans des sols dont le pH n'était que de 4 à 5,2. En U. R. S. S., la répartition des larves d'*A. obscurus* est liée non seulement à l'humidité du sol mais aussi à l'acidité ; la majorité des larves se trouvent dans les terres dont le pH est inférieur à 6 (Bobinskaya, 1937). Printz (1937) a constaté, en essais de laboratoire, que les larves d'*A. obscurus* se concentraient dans les zones où le

pH était de 5. Par contre, d'après SUBKLEW (1938), les larves d'*A. obscurus* et d'*A. lineatus* se trouvent en Allemagne dans les champs ayant les pH les plus variés. Il a été signalé que les larves d'autres Elaterides appartenant au genre *Limonius* sont plus fréquentes dans les sols alcalins que dans les sols acides.

Divers auteurs ont recommandé l'apport à doses massives de chaux ou d'amendements calcaires ; les expériences de SLINGERLAND (1896), ADRIANOV (1914), CONRAD (1920) ont montré que le chaulage ne modifiait pas de façon sensible la population larvaire ; il en a été de même avec la cyanamide et les scories basiques.

J'ai constaté des attaques très graves dans des terres acides et dans des sols dont le pH était voisin de 7 ; dans les terres à pH faible, l'apport de chaux est recommandable, non pas tant en raison d'une éventuelle action défavorable sur les taupins que par son effet général sur la croissance des végétaux.

L'emploi de la sylvinite ou du chlorure de potassium à des doses de 800 à 1 000 kg/ha a été également préconisé ; ces substances n'ont aucune action sur les larves d'*Agriotes*. Le nitrate de soude, les sels ammoniacaux n'ont pas d'effet insecticide ; employés à forte dose, ils provoquent des troubles végétatifs.

Le superphosphate a été récemment recommandé par GOUGH (1942) ; il n'a aucune action lorsqu'il est appliqué à la volée mais il assurerait une légère protection lorsqu'il est semé en mélange avec la graine. Dans des essais effectués en serre, GOUGH a obtenu des résultats satisfaisants en répartissant le superphosphate dans deux petits sillons d'une profondeur de 50 mm disposés à 25 mm de part et d'autre du sillon ayant reçu les graines mais un autre essai, réalisé avec de l'Orge, a été décevant.

Le *sulfure de carbone* a été employé pour la première fois par COMSTOCK et SLINGERLAND en 1890 ; il a été essayé sous diverses formes par HEADLEE (1926), RILEY (1926), LANE et GIBSON (1932), PEPPER (1937). On emploie du sulfure de carbone pur à la dose de 200 à 300 g par m² qui est réparti avec un pal injecteur dans 4 trous d'une profondeur de 5 à 15 cm suivant la date à laquelle est faite le traitement, ou une préparation émulsionnable dans l'eau qui s'emploie en arrosage à la concentration de 3 à 5 p. 100 et à la dose de 4 l par m². J'ai utilisé en 1946, sur de l'Orge de printemps, un produit commercial spécialement préparé en vue de cet emploi qui a anéanti la culture.

L'emploi de la *chloropicrine* ne peut plus être envisagé actuellement en raison de sa toxicité pour l'homme (STONE et CAMPBELL 1933).

La *naphtaline* brute renfermant 90 p. 100 de naphtaline pure a été utilisée aux Etats-Unis sur de grandes surfaces à la dose de 600 à 800 kg à l'ha. Les Américains estimaient que ce traitement détruisait 80 à 85 p. 100 de la population larvaire. D'après TATTERSFIELD (1928) la naphta-

line a une action répulsive aux doses moyennes et n'est toxique qu'à la dose de 900 à 1 000 kg/ha ; son efficacité est niée par GOUGH (1942), même aux doses les plus élevées.

Le *paradichlorobenzène* a seulement une action insectifuge et occasionne des intoxications graves des plantes.

Le *cyanure de calcium* entraîne une forte mortalité des taupins en donnant de l'acide cyanhydrique au contact de l'humidité du sol, mais il est d'un prix prohibitif (HORSFALL 1924).

L'*éther dichloroéthylique* a été employé aux Etats-Unis pour la destruction de divers Insectes souterrains et plus spécialement des larves d'Elatérides. CAMPBELL et STONE (1937) l'ont utilisé en dilution dans l'eau à la dose de 0,150 l par hl d'eau et à raison de 8 l de solution pour 10 m de sillon ; la mortalité a été de 97 p. 100. En Californie, STRONG (1938) a obtenu des mortalités de 67 à 100 p. 100 avec des solutions de 0,15 à 0,30 p. 100 ; des concentrations plus élevées sont fortement phytotoxiques.

Divers fumigants ont été essayés au laboratoire par TATTERSFIELD et ROBERTS (1920), LEHMANN (1933-1942), Mac LEOD et RAWLINS (1933) ; l'isothiocyanate d'allyle et le dichlorure d'éthylène ont été les plus actifs mais sont d'un emploi difficile. De nombreux essais ont été faits plus récemment avec le *bromure de méthyle* et le *dibromure d'éthylène* ; le premier est d'une manipulation délicate ; le second s'emploie le plus souvent sous forme de solution à la concentration de 5 ou 20 p. 100 dans une huile légère de pétrole (LANGE 1945).

Enfin, STONE (1944) a essayé un mélange de 1-2 *dichloropropane* et de 1-3 *dichloropropylène* (D. D.) avec un émulsifiant soluble dans l'huile à différentes concentrations ; il a obtenu des mortalités de 90 à 98 p. 100 sur des larves âgées de 2 ou 3 ans.

Tous les produits mentionnés précédemment avaient une efficacité insuffisante ou étaient d'un emploi trop délicat ; l'apparition des composés insecticides de synthèse a permis de mettre à la disposition des cultivateurs des substances d'une grande efficacité et d'une utilisation aisée ; nous verrons que leur emploi soulève cependant certaines difficultés.

Les premiers essais de traitement du sol dirigés contre les larves de taupins ont été faits avec le D. D. T. par WIESMANN (1943). En Angleterre, il fut procédé à des expériences avec l'H.C. H. dès 1943, mais la première note qui fasse mention de ces expériences est celle de BURNET et HOLMES (1946), puis celle de JAMESON, THOMAS et WOODWARD (1947) ; en 1947, parurent également les publications de GREENWOD, de PEPPER, WILSON et CAMPBELL, de KULASH aux Etats-Unis, de Mc DOUGALL au Canada, de BONNEMAISON en France.

L'intérêt du chlordane a été signalé pour la première fois par POST, MUNRO et KNAPP (1947), celui du parathion par BONNEMAISON (1948),

de l'heptachlore, du toxaphène et de l'aldrine par RAWLINS, STAPLES et DAVIS (1949).

B. — Essais de traitement général du sol

Ces essais ont été réalisés depuis l'automne 1945 jusqu'en 1951 sur des cultures de Céréales d'automne ou de printemps, de Betterave et de Pomme de terre de Seine-et-Oise, de l'Oise ou du Finistère (Pleyber-Christ).

Essais sur Céréales. — Les premiers essais ont été faits le 10 avril 1946 sur de l'Avoine de printemps haute de 6 à 8 cm qui était très fortement attaquée par les taupins ; les insecticides employés en dilution, émulsion ou suspension ont été répandus entre les lignes avec un arrosoir ; l'insecticide en poudre a été distribué à la main le long des plantes et enfoui par un binage.

L'expérience a été faite avec 6 répétitions et la notation de l'efficacité des produits essayés a été déterminée par la numération des plantes attaquées par les taupins dans les 15 jours qui ont suivi le traitement (BONNEMAISON 1947).

TABLEAU I

Influence de divers insecticides employés en arrosage ou en poudrage sur de l'Avoine de printemps attaquée par des larves de taupins (1946).

Produits essayés	Dilution %	Quantité à l'ha	Quantité MA/Ha	Nombre de plantes attaquées
Témoin				100
Dichloroéthyléther pur	0,2	300 hl	60 l	45
D.D.T. en émulsion à 10 % MA	2,0	300 hl	60 kg	35
H.C.H. en suspension à 10 %	2,0	300 hl	60 kg	24
H.C.H. en poudre à 8 % MA		250 kg	20 kg	38

Bien qu'il ait été appliqué des doses très élevées d'insecticides, les résultats ont été médiocres. Cela tient à ce que l'insecticide n'a pu pénétrer à une profondeur suffisante dans le sol pour arriver au contact des larves.

Parallèlement à cet essai, il a été fait des expériences de phytotoxicité qui sont relatées p. 357.

Deux autres séries d'essais sur Céréales de printemps ont été réalisées au printemps 1948 à Pleyber-Christ et à Versailles avant le semis des Céréales de printemps. Il a été dénombré 1 500 000 à 1 800 000 larves à

l'ha à Versailles (sol argileux) et entre 1 900 000 et 2 500 000 larves à Pleyber-Christ (sol léger et acide).

Les insecticides ont été appliqués de trois façons : à l'aide d'un pal-injecteur à raison de 4 trous par mètre carré et à une profondeur de 15 cm, pour le sulfure de carbone et le *dichloropropane-dichloropropylène* (D. D.), en arrosages à 200 hl à l'ha pour l'H. C. H. et le D. D. T., en épandage à la main suivi d'un enfouissement par deux hersages pour l'H. C. H., le parathion et le cyanure de calcium.

Le traitement a été fait le 10 février 1948 en Bretagne et du Blé de printemps a été semé le 28 février ; à Versailles, les insecticides ont été appliqués le 9 mars et le semis (Avoine de printemps) a eu lieu le 30 mars.

L'efficacité des divers insecticides a été déterminée par la numération des plantules sur 100 lots de 1 m linéaire pour chaque produit essayé. (BONNEMAISON 1948 f.).

TABLEAU II

Influence de divers insecticides appliqués en poudrages, en arrosages ou en injection avant le semis de Céréales de printemps (1948)

Produits essayés	Pleyber-Christ		Versailles	
	Quantité MA/Ha	Nombre de plantes	Quantité MA/Ha	Nombre de plantes
Témoin		100		100
Poudrages avec produits renfermant :				
8 % d'H.C.H. à 15 % de γ	10 kg	188	10 kg	267
—	20	201		
3,5 % d'H.C.H. à 13 % de γ....	9	184	9	248
1 % de parathion..............	2,5	180	2,5	231
—	5,0	197		
25 % de cyanure de calcium....			25	180
Arrosages avec produits renfermant :				
12 % d'H.C.H. à 13 % de γ dilué à 1 %	24	195		
20 % de D.D.T. en émulsion dilué à 0,5 %....................	20	140		
20 % de parathion dilué à 0,075 %	3	193		
Injection avec produits renfermant :				
100 % de D.D.			400	138
66 % de sulfure de carbone ...			265	144

Les résultats ont été bien meilleurs à Versailles qu'à Pleyber-Christ ; cela est dû à ce que dans le second champ, le semis a été fait à une dose très supérieure à la normale, ce qui a permis une dispersion des larves sur un nombre plus grand de pieds et une mortalité relative des pieds plus faible.

Un autre essai a été réalisé dans un champ du Centre National d'Expérimentation de Grignon qui a été ensemencé le 22 février avec de l'Avoine de printemps.

	Nombre de plantules
Témoin	100
Poudrage avec 12 p. 100 d'H. C. H. à 13 p. 100 γ-12 kg H. C. H./ha.	155
Poudrage avec 1 p. 100 de parathion -2,7 kg MA/ha....	153

Ces essais montrent que le sulfure de carbone et le cyanure de calcium ne présentent aucun intérêt.

Le traitement par arrosage est moins efficace que le traitement par poudrage et sa réalisation demande un matériel très important.

Essais sur pommes de terre. — Ces expériences ont été faites à Pleyber-Christ dans un champ où la population larvaire moyenne était de 1 800 000 larves. Les insecticides ont été appliqués en poudrage ou au pal-injecteur le 23 mars 1948 sur une terre labourée et enfouis par 2 hersages ; les pommes de terre (Var. Bintje) ont été plantées le 5 avril. Chaque parcelle avait une superficie d'un are et l'essai comprenait 3 répétitions, l'efficacité a été déterminée par la numération des perforations, légères ou profondes, existant sur 1 200 tubercules pris au hasard dans chaque lot ; le tableau ci-dessous indique le nombre moyen de trous sur 100 tubercules, le pourcentage de tubercules présentant au moins une perforation et le coefficient d'efficacité. Le témoin présentait 799,1 perforations sur 100 tubercules et 96,4 p. 100 des tubercules avaient au moins une perforation. Le D. D. a occasionné un léger retard à la levée (BONNEMAISON, 1948-1949).

TABLEAU III

Action de divers insecticides utilisés sous forme de poudre ou au pal-injecteur deux semaines avant la plantation des pommes de terre (1948).

Produits utilisés	Quantité MA/Ha	Coefficient d'efficacité		Nombre moyen trous par tubercule attaqué
		Nombre de perforations	Nombre de tubercules attaqués	
Témoin....................				8,3
Poudrages avec produits renfermant :				
3,5 % d'H.C.H. à 13 % de γ....	5 kg	82,9	52,1	2,9
5 % d'H.C.H. à 13 % de γ	5	88,1	67,2	3,0
8 % d'H.C.H. à 15 % de γ	5	85,2	52,7	2,7
—	10	96,0	82,1	1,9
1 % de parathion	2,5	43,3	57,5	4,9
1 % —	5	77,3	49,8	3,7
12,5 % thiodiphénylamine	25	0,5	0	8,1
Injection avec produit renfermant :				
100 % de D.D.	500 l	94,7	74,0	1,7

L'H. C. H., à la dose de 5 kg MA/ha, a donné des résultats satisfaisants mais insuffisants eu égard à la forte population larvaire ; une protection bien meilleure, mais non totale, est obtenue avec 10 kg MA/ha.

Il est à remarquer les différences d'efficacité relevées dans cet essai avec les trois produits à base d'H. C. H. d'origine française et étrangère qui ont été utilisés à la dose uniforme de 5 kg de MA/ha.

Le parathion, à la dose de 2,5 ou 5 kg MA/ha, a été beaucoup moins efficace que dans l'essai précédent sur Céréales de printemps. Les causes sont de deux ordres : les larves, n'attaquant les tubercules qu'au moment de la maturité, ne viennent au contact de l'insecticide que 5 mois après l'incorporation dans le sol de ce dernier : on sait que l'efficacité du parathion diminue très rapidement en quelques mois. D'autre part, des essais de laboratoire ont été effectués avec cet insecticide sur le Charançon du Blé ; alors qu'il était obtenu 100 p. 100 de mortalité en 48 h peu après la réception du produit, il n'a plus été relevé, 8 mois plus tard, que 84 p. 100 de mortalité en 10 jours ; cette diminution de l'efficacité était due à l'alcalinité de la charge.

Tableau IV

Efficacité de traitements insecticides appliqués à l'automne ou au printemps avant des cultures de pommes de terre (1948-1949).

Produits utilisés	Quantité MA/Ha	Coefficient d'efficacité	
		Nbre perfor. sur 100 tub.	% de tubercules attaqués
Traitement automnal			
Poudrages avec produits renfermant :			
8 % d'H.C.H. à 15 % de γ	8 kg	96,9	94,2
8 % —	12	98,5	97,1
18 % —	16	100	100
12 % — (poudre mouillable)	12	97,3	95
12 % — (poudre mouillable)	16	100	100
1 % de parathion	2,5	42,8	45,7
1 % —	3,75	50,7	37,1
1 % —	5,0	69,1	61,4
Traitement de printemps			
Poudrages avec produits renfermant :			
8 % d'H.C.H. à 15 % de γ	8	80,5	64,7
12 % d'H.C.H. à 15 % de γ (poudre mouillable)	8	79,6	61,5
13 % de trithiocarbonate de chlorocyclohexane (T.T.C.)	8	71,4	53,2
1 % de parathion	2,5	60,4	43,1
1 % —	3,75	64,9	50,2
1 % —	5	71,6	57,2
Pulvérisation avec produit renfermant :			
2 % d'H.C.H. à 15 % γ dilué à 5 %	8	80,1	62,4

Ces essais ont été répétés dans la même commune à l'automne 1948

et au printemps 1949. Le premier a été fait le 22 novembre 1948 sur deux champs ; les poudres ont été épandues et enfouies par un labour léger à 6-8 cm de profondeur. Le labour normal a été exécuté au printemps 3 semaines avant la plantation.

Le traitement de printemps a eu lieu le 7 mars et les insecticides ont été enfouis par un labour. Il a été dénombré en moyenne dans les témoins des champs traités à l'automne 26,6 perforations sur 100 tubercules et 14 p. 100 de tubercules présentant au moins une perforation ; dans les témoins des champs traités au printemps, il a été relevé 298 perforations sur 100 tubercules et 88,6 p. 100 de tubercules attaqués.

La comparaison des chiffres fournis par les deux tableaux précédents en ce qui concerne le traitement de printemps montre qu'il a été obtenu des coefficients d'efficacité plus élevés en 1948 qu'en 1949 avec des doses équivalentes d'insecticide. En mars 1948, l'insecticide a été épandu sur une terre labourée et enfoui par 2 hersages ; en mars 1949, l'application de l'insecticide a eu lieu avant le labour. Dans le premier cas, l'insecticide a été disposé en couche régulière parallèlement à la surface du sol ; dans le second, l'insecticide a été, par suite du labour, réparti en bandes parallèles mais inclinées ; il a subsisté ainsi, entre les bandes, des tranches de terre ne renfermant pas d'insecticide. Il est, par conséquent, plus judicieux d'épandre l'insecticide après le labour et de l'enfouir par 2 passages croisés d'une grosse herse, d'un canadien ou d'un pulvériseur.

Le traitement automnal est à préférer au traitement de printemps dans tous les cas où l'insecticide est suffisamment persistant et pourra être en contact avec les larves avant les froids ; cela se produira lorsque le traitement sera fait suffisamment tôt ou dans des régions bénéficiant d'un régime hivernal humide et doux qui permet aux larves de rester dans les couches superficielles du sol.

L'insuffisante persistance d'action du parathion signalée précédemment se confirme dans cet essai ; l'emploi de ce produit ne peut être envisagé qu'en application post-hivernale.

L'H. C. H. renfermant 12 à 15 p. 100 d'isomère gamma est remarquablement actif ; en tenant compte des expériences ci-dessus et d'autres essais non mentionnés dans ce mémoire, on peut admettre que la dose de MA à appliquer à l'ha variera de 5 à 12 kg suivant :

— l'efficacité recherchée ; on obtient en moyenne un coefficient d'efficacité de 85 p. 100 avec 5 kg de MA, de 95 p. 100 avec 10 kg, de 97 à 98 p. 100 avec 20 kg ;

— la population larvaire : l'apport d'insecticide sera d'autant plus important que le nombre de larves sera plus élevé ; les essais sur Pomme de terre réalisés à Pleyber-Christ ont tous été faits dans des terres très fortement infestées (1 500 000 à 2 500 000 larves/ha) ;

— la nature du sol : dans les sols légers, l'insecticide se répartit

plus régulièrement que dans les terres compactes : 8 kg d'H. C. H. pur donnent sensiblement les mêmes résultats dans des sols légers que 10 kg dans des terres lourdes ;

— l'action phytocide ; nous verrons p. 357 que 15 ou 20 kg d'H. C. H. ralentissent fortement la croissance des pommes de terre ;

— la variété (p. 358) ;

— le prix de revient du traitement ; on a intérêt à n'employer que l'H. C. H. technique renfermant au moins 12 p. 100 d'isomère gamma.

Essais sur betteraves. — L'essai a été fait en parallèle avec des expériences de traitement des graines et avec 3 répétitions. Les poudres ont été réparties à la main le 3 avril 1951 sur la terre labourée et enfouie par un double hersage ; les betteraves ont été semées le 18 avril et la population larvaire moyenne était de 450 000 larves à l'ha. L'efficacité du traitement a été déterminée par la numération des plantules à la date du 30 mai dans les différentes parcelles.

TABLEAU V

Efficacité de traitements insecticides du sol appliqués au printemps avant le semis de Betterave

Produits utilisés	Quant./ha	MA/ha	Efficacité
Témoin			100
Poudres renfermant :			
— 10 % H. C. H. à 13 % γ	100 kg	10 kg	124
— 2 % parathion	250	5	109
— 5 % chlordane	100	5	111
— 2,5 % aldrine	80	2	104
— 1,25 % dieldrine	80	1	113

Ces chiffres montrent, qu'aux doses utilisées, l'efficacité des quatre derniers produits est inférieure à celle de l'H. C. H. ; il a été fait la même année d'autres essais sur de petites parcelles de betteraves avec les mêmes produits qui ont permis de conclure que pour obtenir une efficacité comparable à celle donnée par 10 kg d'H. C. H. à l'ha il était nécessaire d'utiliser ces produits aux doses suivantes à l'ha : parathion 7-8 kg, chlordane 7-9 kg, aldrine 4-6 kg, dieldrine 2-3 kg.

C. — Traitement dans le sillon de semis ou de plantation

Cette méthode qui a été employée pour la première fois par JAMESON, THOMAS et WOODWARD (1947) sur du Blé, de l'Avoine et de l'Orge et expérimentée par la suite en divers pays (GREENWOOD 1947-1953, BYNUM, INGRAM, CHARPENTIER 1949, GRIFFIN et EDEN 1953), a pour but de diminuer le coût du traitement.

Des essais en terrine et en plein champ ont été faits sur le Blé, l'Orge, l'Avoine, la Betterave, le Pois, le Colza ; il a été observé un retard à la levée et une plus ou moins grande mortalité suivant les plantes (BONNEMAISON et JOURDHEUIL 1951). Cela tient à ce que les jeunes racines entrent en contact avec des quantités localement très importantes d'insecticide ; la protection contre les larves de taupins est assez irrégulière.

J'ai fait un essai de traitement avec épandage de l'insecticide dans la raie sur une culture de Pomme de terre à Pleyber-Christ en parallèle avec l'essai de traitement du sol mentionné au tableau n° III. Les insecticides ont été utilisés sous la forme de poudrage à la main ou sous la forme de dilution avec des arrosoirs ; le traitement a été fait le 7 avril 1948, quelques heures avant la plantation des pommes de terre (var. Bintje).

TABLEAU VI

Efficacité de divers insecticides appliqués en poudrages ou en arrosages au moment de la plantation (1948).

Produits utilisés	Quantité MA/Ha	Coefficient d'efficacité		Nombre moyen trous par tubercule attaqué
		Nombre de perforations	Tubercules attaqués	
Témoin				5,7
Poudrages avec produits renfermant :				
5 % d'H.C.H. à 13 % γ	2 kg	63,9	36,2	3,2
—	4	86,9	67,5	2,3
8 % d'H.C.H. à 15 % γ	2	74,9	41,2	2,4
—	4	88,0	55,1	2,0
1 % de parathion	0,83	45,2	7,5	3,4
—	1,66	78,8	25,8	1,6
Arrosages avec produits renfermant :				
50 % de dibromure d'éthylène dilué à 0,4 %	8,5 l	48,2	1,8	3,0
20 % de D.D.T. en émulsion dilué à 0,5 %	6,7 l	13,7	1,9	5,0

L'estimation de l'efficacité du traitement a été faite, comme pour le traitement du sol, par la numération des perforations sur 1 200 tubercules pris au hasard dans chaque lot.

Le dibromure d'éthylène et le D. D. T. sont insuffisamment actifs.

La comparaison des coefficients d'efficacité du tableau précédent avec ceux du tableau n° III relatifs au traitement du sol permet de dire que le traitement dans la raie donne des résultats moins bons que le traitement du sol ; la première méthode ne permet pas une répartition homogène de l'insecticide et les tubercules se forment souvent en dehors de la zone traitée. Elle présente, en outre, l'inconvénient de nécessiter une main-d'œuvre plus importante que le traitement du sol mais permet de faire

une économie d'insecticide de l'ordre de 20 à 60 p. 100. Cette technique présente un certain intérêt pour les exploitations où il est d'usage de répandre l'engrais dans la raie ; on pourra, dans le cas où la population larvaire n'est pas trop élevée, répandre un mélange d'engrais et d'insecticide.

L'H. C. H. et le lindane ne peuvent être utilisés dans ce cas mais l'on pourra avoir recours au parathion (qui est couramment utilisé en Bretagne à 2-2,5 kg MA/ha) ou à l'aldrine à 1,500 kg/ha.

JAMESON, THOMAS et WOODWORTH (1947) ont essayé comparativement le D. D. T. à 2 p. 100, l'H. C. H. à 2 p. 100 dont 13 p. 100 de γ en mélange avec du plâtre ou du superphosphate sur du Blé d'hiver à l'automne 1944 et sur de l'Avoine de printemps en 1945 à la dose de 125 kg du mélange soit 5 kg MA/ha. L'H. C. H. mélangé au superphosphate a été légèrement plus efficace que les deux autres substances ; des essais de traitement des semences à 800 g par quintal avec une poudre à 8 p. 100 d'H. C. H. dont 40 p. 100 de γ ont fait preuve d'une efficacité légèrement inférieure au traitement du sol. KULASH (1947) a opéré avec le D. D. T. et l'H. C. H. ; il a constaté que les poudres donnaient des résultats plus constants que les pulvérisations. GREENWOOD (1947) a utilisé de l'H. C. H. renfermant 10 p. 100 de γ en traitement général du sol, dans le sillon, sur les pommes de terre, en enrobage des graines et en appâts empoisonnés ; il a obtenu une très bonne protection avec 1,130 kg et 2,500 kg d'H. C. H. à l'ha et signale que l'épandage dans la raie donne une meilleure protection que le traitement du sol mais donne un mauvais goût aux tubercules, ce qui ne se produit pas avec 2,800 kg d'H. C. H./ha en traitement du sol.

Des essais contre *Limonius agonus* SAY et *Agriotes mancus* SAY ont été réalisés par PEPPER, WILSON et CAMPBELL (1947) avec le D. D. T. et l'H. C. H. sur des cultures de Pomme de terre avec des mélanges standardisés à 1 p. 100 de γ ; suivant les parcelles, une excellente protection a été donnée par 1,800 à 3,400 kg de γ/ha ; le D. D. T. a été moins actif à la dose de 28 kg/ha.

L'H. C. H. à 8 p. 100 appliqué 12 jours avant la plantation des pommes de terre (Var. Bintje) a été essayé à Pleyber-Christ par PEREZ (1948) aux doses de 5, 10 et 20 kg de MA/ha ; les coefficients d'efficacité, exprimés en nombre de trous pour 100 tubercules, ont été respectivement de 91,5, 93,1 et 97,6.

RAWLINS, STAPLES et DAVIS (1949) ont essayé comparativement, contre *Limonius agonus* et *Agriotes mancus*, l'H. C. H. aux doses de 0,143, 0,287, 0,575, 1,150 et 2,300 kg de γ par ha, le chlordane et le toxaphène à 2,300, 4,600, 9,200 et 19,400 kg/ha, l'heptachlore à 0,575-9,200 kg/ha, l'aldrine à 2,300 et 4,600 kg à l'ha ; l'H. C. H. n'a été efficace qu'aux doses égales ou supérieures à 0,575 kg/ha, l'aldrine à 4,600 kg/ha et

le chlordane à 9,200 kg /ha ; l'heptachlore à 2,300-4,600 kg /ha ont donné des résultats satisfaisants ; le toxaphène a été peu efficace.

GISQUET et QUIDET (1948) ont utilisé le D. D. T. et l'H. C. H. en arrosage aussitôt après le repiquage du Tabac et à raison de 0,25 l de liquide à la dilution de 0,5 p. 100 ; il fut employé le D. D. T. en émulsion à 20 p. 100 de MA à la dilution de 0,5 p. 100, l'H. C. H. en suspension avec une poudre mouillable à 10 p. 100 de MA et à la dose de 2 p. 100. Le coefficient d'efficacité a été de 90,5 p. 100 pour le D. D. T. et de 97,1 p. 100 pour l'H. C. H. Les insecticides en émulsion provoquèrent des brûlures qui entraînèrent le flétrissement d'un certain nombre de pieds. Ces expériences furent reprises par MICHEL (1950) qui essaya comparativement le D. D. T. en émulsion à 20 p. 100 de MA à la dilution de 0,5 p. 100 et le traitement par poudrage sur la terre labourée avec une poudre renfermant 12 p. 100 d'H. C. H. ; l'H. C. H. fut supérieur au D. D. T.

Sur le Tabac également, NETTLES et LEWIS (1950) ont fait des essais de traitement par arrosage du pied au moment du repiquage ; le chlordane en suspension à 600 g MA/hl a été plus actif que l'heptachlore ou le lindane.

En Suisse, GUNTHART (1950) a procédé à des essais comparatifs avec le chlordane à 5,10 et 20 kg/ha ; les meilleurs résultats ont été obtenus avec 10 kg/MA. pour le Pois et 20 kg pour la Laitue, 10 ou 20 kg pour la Pomme de terre suivant les champs.

Dans le Sud-Ouest, les traitements appliqués avant une culture de Maïs ont donné des coefficients d'efficacité de 92 p. 100 pour le T. T. C. à 9,6 kg MA/ha, de 95 p. 100 pour le chlordane à 5 kg MA/ha, de 97 p. 100 pour l'H. C. H. à 10 kg MA/ha (CHABOUSSOU, ANGLADE et BERJON 1951).

Des expériences ont été faites aux Etats-Unis sur la Pomme de terre par MERRILL (1952), avec l'aldrine, la dieldrine, le parathion, le lindane et le chlordane à différentes doses ; le lot témoin ayant un pourcentage d'attaque de 31,7, il a été obtenu au maximum 5 p. 100 de perforations avec 1,640 kg/ha d'aldrine ou de dieldrine, 4,500 de parathion, 1,640 kg de lindane et 5,600 kg de chlordane.

STONE, FOLEY et BIXBY (1953) conclurent de leurs expériences sur *Limonius californicus* MANN faites avec des insecticides en poudre mélangés au sol par un double hersage, qu'une excellente protection est assurée pendant 4 ans avec le D. D. T. à 11,500 kg MA/ha, pendant 3 ans avec l'H. C. H. et le lindane à 1,250 kg de γ/ha, le chlordane et l'heptachlore à 11,500 kg/ha ; la dieldrine à 1,150 et 2,230 kg/ha a été très efficace dans un champ ayant une faible population larvaire.

En raison de l'importance économique que présentent les taupins pour les producteurs de plants de Pomme de terre il a été fait en Bretagne un grand nombre d'essais de traitements avec divers produits.

D'AGUILAR (1953) a essayé comparativement en 1949, 1950 et 1952,

l'H. C. H. et le T. T. C. à 5, 10, 15 kg/ha, le lindane à 0,650 et 1,250 kg, le parathion à 2,5, 7 et 10 kg, le chlordane à 5 et 10 kg, l'aldrine à 2, 4 et 6 kg, la dieldrine à 1, 2 et 3 kg. Il conseille l'emploi de l'H. C. H. et du T. T. C. à 10-15 kg, du lindane à 1-1,5 kg, du parathion à 5-10 kg, du chlordane à 5-10 kg, de l'aldrine à 4-5 kg, de la dieldrine à 3-4 kg.

Le Nail conclue de ses expériences que les produits les plus recommandables sont l'aldrine à 4 kg MA/ha appliquée au printemps ou à l'automne précédant la plantation, le lindane à 1,250 kg sous forme de poudrage ou de pulvérisation et le chlordane à 7 kg.

L'action de l'H. C. H. sur la physiologie des larves de *Melolontha melolontha* L., *Cleonus punctiventris* Germ. et *Melanotus rufipes* Hbst. a été étudiée par Bobinskaya (1953) ; après un séjour de 24 h dans un sol traité avec 50 kg d'H. C. H./ha, il a été observé chez ces larves une légère augmentation de la respiration et une diminution de poids pendant les 3 jours qui ont suivi le traitement, puis les larves ont repris leur état normal ; des résultats similaires ont été obtenus avec des larves maintenues pendant 5 jours dans la terre traitée. Les modifications du métabolisme ont été plus marquées chez des larves maintenues pendant 20 jours dans une terre traitée avec 15 kg d'H. C. H./ha. La respiration a augmenté fortement et la teneur des tissus en eau et en lipides a diminué, notamment pour *Melanotus* ; ces troubles sont plus accusés chez les jeunes larves que sur les larves âgées. L'H. C. H. agit en modifiant le métabolisme des larves souterraines et la perméabilité des téguments.

D. — Persistance des insecticides dans le sol

L'examen de la persistance des insecticides dans le sol présente une grande importance au double point de vue pratique et biologique.

En se plaçant sur un plan très général, il convient de faire une distinction entre la durée limite de la rémanence :

1° pour les œufs, larves, nymphes ou imagos d'Arthropodes phytophages ;

2° pour les divers stades d'Arthropodes parasites ou prédateurs ou d'autres animaux qui interviennent plus ou moins activement, soit sur le phytophage que l'on s'efforce de détruire, soit sur d'autres phytophages ;

3° pour les plantes cultivées, dans le cas où les insecticides pénètrent dans les végétaux, ce problème étant particulièrement grave pour les plantes à racines ou à tubercules ;

4° pour les microorganismes du sol.

Il est extrêmement difficile de tracer cette limite pour les divers points énumérés ci-dessus en raison des difficultés que soulève l'analyse chimique des insecticides de synthèse que l'on utilise, des modifications

qu'ils peuvent subir dans le sol ou dans les plantes, de la complexité des examens toxicologiques, notamment en ce qui concerne les substances pouvant agir par accumulation. Les tests biologiques se révèlent souvent plus sensibles que l'analyse chimique.

Il est évident que si l'on envisage seulement l'action sur les phytophages, un insecticide sera d'autant plus intéressant que sa rémanence sera plus grande ; par contre, cela pourra présenter de graves inconvénients si divers animaux parasites ou prédateurs sont également très sensibles à ces insecticides ; il peut arriver que ces auxiliaires soient relativement plus affectés par les substances toxiques incorporées dans le sol que certains phytophages et le traitement pourra alors permettre la pullulation de ces phytophages ou donner brusquement un grand intérêt économique à des animaux qui étaient considérés jusqu'alors comme des ennemis secondaires ou occasionnels des cultures. Dans ce cas, l'emploi de substances ayant une faible rémanence sera préférable à celui de produits présentant une grande persistance d'action, même s'ils entraînent, comme les seconds, une forte mortalité des auxiliaires. La rupture de l'équilibre biologique qui en résultera ne se produira que pendant une année ou même quelques mois alors qu'elle pourra persister pendant plusieurs années pour des substances stables. En raison de la rotation des cultures, l'emploi des antiparasitaires à action fugace sera préférable lorsque l'on s'efforcera de détruire un animal monophage ou oligophage. Le choix est plus délicat lorsque l'on a affaire à des insectes polyphages tels que les taupins ou les hannetons ; dans un cas comme dans l'autre, les pontes importantes ne se produisent pas tous les ans, mais seulement dans une culture favorable à la ponte et au développement des jeunes larves pour les premiers, et tous les 3 ans pour les seconds (à l'exception des régions soumises à deux régimes).

J'ai attiré l'attention sur le danger que présentait l'usage inconsidéré des insecticides de synthèse ainsi que sur les répercussions de divers ordres qu'il pourrait entraîner (Bonnemaison 1947) et préconisé, dès l'année suivante, d'envisager d'autres méthodes de lutte destinées, non pas à supprimer le traitement du sol, mais à le remplacer chaque fois que cela serait possible (Bonnemaison 1948).

C'est sur le D. D. T. et l'H. C. H. qu'il a été fait le plus grand nombre d'études ; les conclusions de ces travaux diffèrent assez fortement.

18 mois après le traitement, il reste dans le sol plus de 95 p. 100 pour le D. D. T. et 80-94 p. 100 pour l'H. C. H. de la quantité initiale d'insecticide (Smith 1948). Dans une terre traitée avec 28 kg de D. D. T. par ha, il reste au cours des années suivantes les proportions ci-après : 1 an : 97 p. 100, 2 ans : 90 p. 100, 3 ans : 79 p. 100, 4 ans : 64 p.100, 6 ans : 56 p. 100, 8 ans : 44 p. 100 ; la persistance du D. D. T. est plus grande dans les sols sableux que dans les terres argileuses et surtout que dans les sols riches en humus (Fleming et Maines 1953).

JAMESON et PEACOCK (1953) ont fait des essais de traitement avec 2,240, 4,480 et 8,960 kg/ha d'H. C. H. à 13 p. 100 γ soit environ à 1, 2 et 4 ppm. La terre a été analysée chimiquement 6, 12, 24 et 36 mois après l'application ; la quantité d'H. C. H. a diminué de plus de 50 p. 100 6 mois après le traitement, de 50 à 75 p. 100 après 1 an et de 75-85 p. 100 la 2e année.

Deux ans après l'application de 24 kg d'H. C. H./ha, COUTURIER et ANTOINE (1950) ont constaté une mortalité de 70 p. 100 sur les larves de Hanneton.

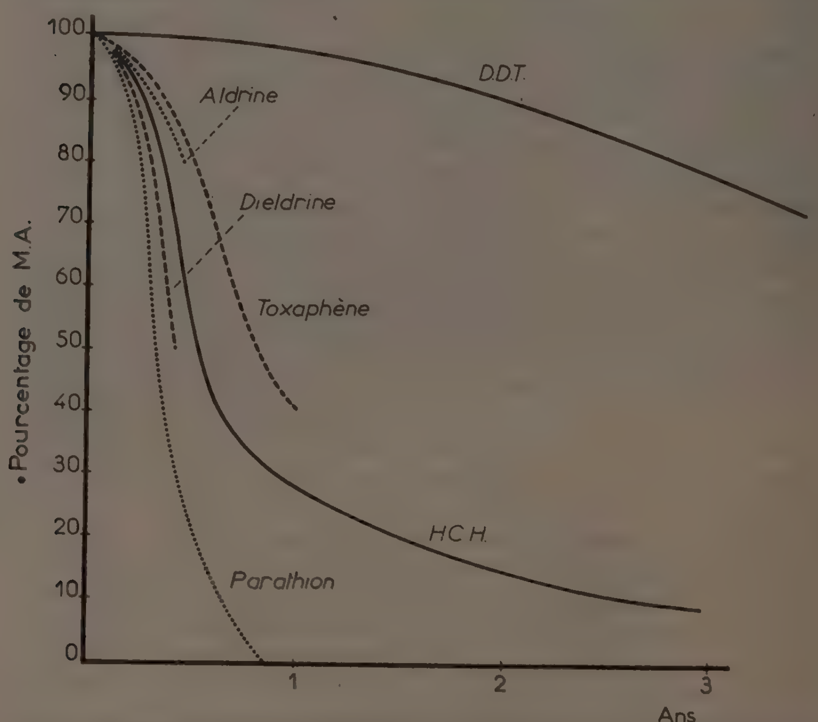


FIG. 2. — Persistance des produits insecticides dans le sol, d'après la moyenne des résultats fournis par divers auteurs, exprimée en pourcentage de la quantité de M A initiale.

En utilisant comme test des larves d'*Agriotes*, d'AGUILAR (1950-1953) opérant sur des sols traités avec 15-20 kg d'H. C. H./ha a obtenu une mortalité de 95 p. 100 l'année de l'application et 60 p. 100 la 4e année après le traitement ; l'action insecticide du lindane n'excéderait pas 6 mois.

Le parathion a complètement disparu des terres traitées avec 2,260 kg, 13,600 kg ou 113 kg/ha 325 jours auparavant (KASTING et WOODWARD 1951). CARLO, ASHDOWN et HELLER (1952) ont analysé des sols, 1, 2, 4 et 8 semaines après l'application de 100 mg dilués dans de l'eau, de para-

thion, de toxaphène et de methoxychlore sur 500 g de terre à pH 4,7, 6,5 et 7,8. Pour le parathion, la décomposition a été plus rapide dans la terre à pH 6,5, la concentration en parathion est passée de 72,3 mg à la fin de la 1[re] semaine à 34,8 à la fin de la 8[e] semaine, celle du toxaphène de 84,6 à 69,3 mg, celle du methoxychlore de 53,7 à 22,5.

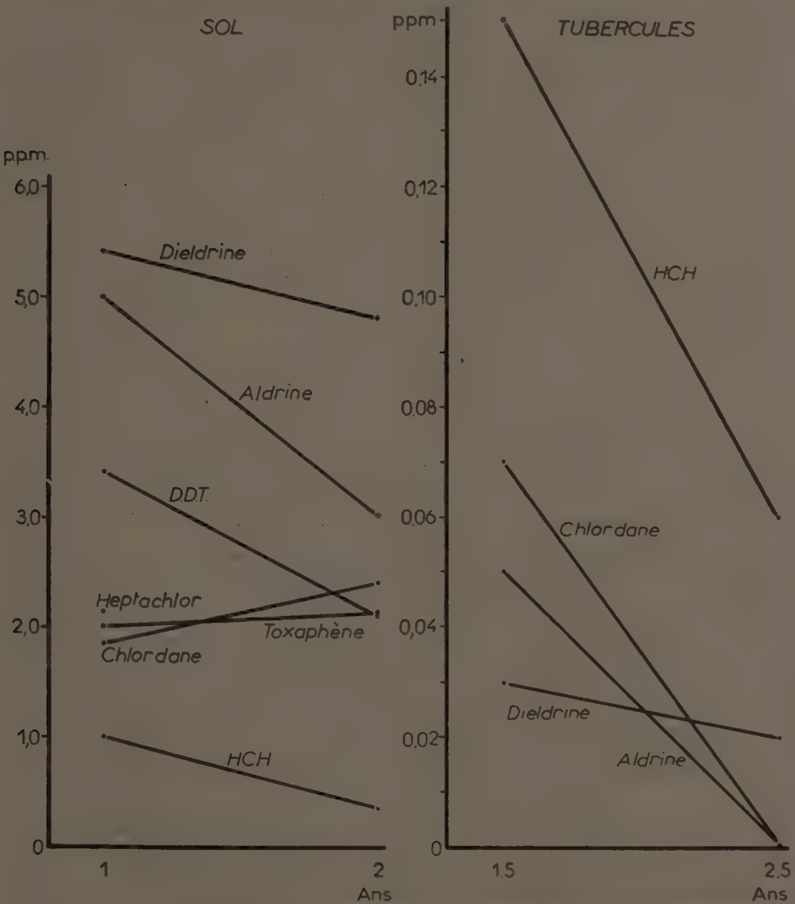


Fig. 3. — Quantité de substances insecticides déterminées par des essais biologiques et exprimées en p. p. m. trouvées dans le sol 1 et 2 ans après le traitement ainsi que dans les tubercules de Pomme de terre 1,5 et 2,5 ans après le traitement ; la quantité d'insecticide introduite initialement dans le sol correspond approximativement à 5 p. p. m. (d'après les chiffres fournis par Terrière et Ingalsbe, 1953).

Terriere et Ingalsbe (1953) ont fait des essais dans un sol argilo-siliceux ; il a été appliqué, au printemps 1949, 11,2 kg MA/ha de D. D. T., H. C. H., dieldrine, aldrine, chlordane, toxaphène, E. P. N. ou parathion qui ont été enfouis à une profondeur de 15 cm. Les analyses ont été faites

par voie chimique et avec des tests biologiques (larves d'*Aedes* et de *Culex*). Le D. D. T., le chlordane, l'aldrine, l'H. C. H., le toxaphène ont persisté dans le sol pendant au moins 3 ans (fig. 3) ; pour les deux derniers produits il y a eu une diminution plus marquée de la toxicité pour les larves de moustiques que celle qui est indiquée par l'analyse chimique. L'E. P. N. et surtout le parathion n'existaient pratiquement plus la seconde année (il n'a pas été fait d'essais à la fin de la 1re année).

D'après LANGE (1951), 5 mois après l'application, la teneur du sol en aldrine a diminué de 50 p. 100 et de 20 p. 100 pour la dieldrine.

STONE, FOLEY et BIXBY (1953) ont étudié les effets d'une application répétée d'insecticides répartis sous forme de pulvérisations le 11 avril, le 26 octobre 1949 et le 15 novembre 1950 (aldrine 4,500 kg/ha, chlordane et toxaphène 22,5 kg/ha) sur les plantes ainsi que la persistance des produits dans le sol. Après la 2e ou la 3e application de toxaphène il a été observé une diminution du rendement pour le Céleri, la Tomate, la Carotte et, après la 3e application, de la Pomme de terre ; la Tomate, le Chou, la Betterave, le Pois, la Patate n'ont pas souffert. Il reste dans le sol environ 45 p. 100 de toxaphène 10 mois après la seconde application et 62 p. 100 10 mois après la 3e. Contrairement aux conclusions de TERRIERE et INGALSBE il n'a pas été trouvé de résidu d'aldrine dans le sol. D'après ALLEN, WALKER, FIFE, CHISHOLM, KOBLITSKY, BULLOCK, HODGE et HALL (1954), il reste dans le sol 4 ans et 1/2 après une seule application 38 p. 100 de D. D. T. et 6 p. 100 d'H. C. H. FLUKE et DEVER (1954) ont observé une persistance d'action d'une durée de 3 ans pour l'aldrine et la dieldrine appliquées en traitement du sol à 3,360 ou 6,720 kg MA/ha contre *Conotrachelus nenuphar* HBST ; le chlordane et le lindane ont donné des résultats très variables suivant la nature du sol. D'après FLEMING et MAINES (1954), qui ont utilisé le chlordane à 11 kg MA/ha il subsiste en moyenne 56 p. 100 de la quantité initiale d'insecticide à la fin de la 1re année, 28 p. 100 la 2e année, 12 p. 100 la 3e année, 5 p. 100 la 4e année ; il a été constaté de grandes différences suivant la nature du sol.

E. — Action des insecticides sur les plantes cultivées

La plupart des insecticides ont une action phytocide plus ou moins marquée qui diffère assez fortement suivant les espèces végétales et qu'il importe de connaître concurremment avec l'efficacité de chaque produit contre les larves de Taupin.

Dans une publication réalisée en collaboration avec P. JOURDHEUIL (1951) j'ai indiqué les résultats d'essais de traitement du sol avec l'H. C. H., le T. T. C., le parathion et le chlordane appliqués à différentes doses de MA/ha sur diverses plantes cultivées, les expériences étant faites en serre et en plein air, au printemps et à l'automne. Des essais ont également

été réalisés en plein air avec le sulfure de carbone, le dichloroéthyléther, le D. D. et le dibromure d'éthylène.

Le dichloroéthyléther employé en arrosage sur une jeune Avoine de printemps à la dose de 60 l/ha n'a pas eu d'action phytocide.

Le D. D. a été utilisé au pal injecteur à la dose de 500 l/ha sur de l'Avoine de printemps et une culture de Pomme de terre ; le traitement appliqué 12 jours avant la plantation des pommes de terre (var. Bintje) a occasionné un léger retard au début de la végétation ; il est donc préférable de faire l'application 3 semaines avant la plantation et de n'utiliser que 400-450 l/ha ; à cette dose, il a souvent une légère action stimulatrice sur la Betterave.

Le dibromure d'éthylène employé à la dose de 8,5 l/ha et en dilution à 0,4 p. 100 n'a pas eu d'effet dépressif sur la Pomme de terre, mais appliqué en injection 8 jours avant le semis d'Avoine de printemps à la dose de 500 kg/ha d'un produit à 50 % de MA) il a entraîné une mortalité de 38 p. 100 des plantes.

L'H. C. H. employé en arrosage sous forme de suspension dans les mêmes conditions que précédemment à la dose de 40 kg/ha a occasionné une mortalité de 10 p. 100 sur l'Avoine.

Le Blé est assez sensible à l'H. C. H. ; la germination est retardée de 12 h par rapport au témoin et le pourcentage de germination a été de 99 p. 100 dans une terre traitée par poudrage à 20 kg d'H. C. H./ha [1]. A 100 kg/ha la levée a été retardée de 24 h et s'est étalée sur 10 jours ; le pourcentage de germination n'a été que de 82 p. 100. Les plantules se développant dans une terre traitée avec 15-20 kg d'H. C. H./ha ont un coléoptile renflé ; l'action phytocide est encore plus marquée à l'extrémité des racines primaires. Le T. T. C. a les mêmes effets physiologiques que l'H. C. H. à quantité égale de MA. Le Maïs, l'Avoine et surtout l'Orge sont beaucoup moins sensibles que le Blé.

Aux doses de 20 et 50 kg/ha la levée de la Betterave est légèrement retardée et les pourcentages des levées par rapport au témoin sont de 85 et 77 p. 100. A 10-12 kg/ha le pourcentage de germination et la croissance des plantules sont identiques ou légèrement supérieurs à ceux des témoins.

En arrosage ou en poudrage aux doses de 20 ou 40 kg/ha, l'H. C. H. accélère de façon notable la croissance de la Luzerne (BONNEMAISON 1947), et semble-t-il, de la plupart des Légumineuses. Les pois se développant dans des sols traités avec 20 kg d'H. C. H./ha sont plus vigoureux et donnent un rendement supérieur d'environ 25 p. 100 au témoin (d'AGUILAR 1949). A 30 kg/ha la racine principale du Haricot est complètement détruite mais les plantules réagissent en émettant des racines latérales au-dessus du collet.

Les premiers essais (1948) que j'ai effectués dans les terres granitiques

(1) L'H. C. H. utilisé couramment en France à une teneur de 12-15 p. 100 d'isomère gamma.

de Bretagne sur la Pomme de terre (var. Bintje) ont été faits en poudrage à 5 et 10 kg d'H. C. H./ha ; il a été observé un léger retard végétatif à la levée à 10 kg/ha.

PEREZ (1948) a essayé l'H. C. H., également en Bretagne, aux doses de 5,10 et 20 kg ; il n'a pas été noté de retard à la levée dans les parcelles à 5 kg/ha alors que 10 kg/ha ont occasionné une action dépressive sur la végétation jusqu'au 15 juin ; enfin, à 20 kg/ha, la levée a été fortement ralentie, une forte proportion de pieds sont restés chétifs et ont présenté un rabougrissement des tiges et des feuilles.

L'application de 20 kg d'H. C. H./ha au moment de la plantation a entraîné un ralentissement de la végétation et une diminution du rendement ; il a été, comparé au témoin, de 36 p. 100 pour la variété *Rosa*, de 65 p. 100 pour *Ostbote*, de 75 p. 100 pour *Saucisse*, de 80 p. 100 pour *Bintje* alors qu'il n'y a pas eu d'action dépressive pour la variété *Kardinal* (d'AGUILAR et GRISON 1948). En application automnale à 30 kg/ha, l'H. C. H. a eu un effet beaucoup moins accusé, le rendement a été de 90 p. 100 par rapport au témoin pour les variétés *Rosa* et *Ackersegen*, de 84 p. 100 pour *Bintje*, de 104 p. 100 pour *Ostbote*, de 135 p. 100 pour *Saucisse*.

Plusieurs auteurs ont procédé à des dégustations de Pomme de terre récoltées dans des terres traitées avec différents insecticides. RODRIGUEZ et GOULD (1950) ont utilisé l'H. C. H. et le lindane à la dose de 2,250 kg de γ/ha en traitement du sol sur la Pomme de terre et la Tomate qui ont été en outre traitées à 5 reprises en pulvérisation à 17 g de γ sur le feuillage. L'H. C. H. a donné un mauvais goût à la Pomme de terre comme à la Tomate ; le lindane a altéré légèrement la saveur des tubercules et des fruits ; il n'a pas été noté de différences entre des terres ayant un pH de 5,6 ou de 7,5.

En Angleterre, JAMESON et TANNER (1951) estiment que les tubercules récoltés dans un champ traité au printemps avec 2,800 kg d'H.C. H./ha peuvent avoir un goût légèrement déplaisant mais que la probabilité devient très faible 30 mois après l'épandage. A 4,500 kg d'H. C. H./ha, la saveur des tubercules n'est pas altérée dans les sols traités 3 ans auparavant. JAMESON et PEACOCK (1952) ont établi des courbes indiquant les relations entre les quantités d'H. C. H. appliquées à l'ha et le temps devant s'écouler entre l'épandage de l'insecticide et la plantation des pommes de terre pour que les tubercules n'acquièrent pas de mauvais goût.

En Bretagne, le parathion, le chlordane, l'aldrine et la dieldrine n'ont pas altéré la saveur des tubercules aux doses normales d'emploi (d'AGUILAR 1953).

D'après DETROUX (1952), l'aldrine à 5 kg/ha, le toxaphène à 10 kg/ha, le parathion à 1 kg/ha et le lindane hautement purifié à 0,650 kg/ha ne

communiquent pas de mauvais goût à la Pomme de terre (var. Bintje et Industrie) ; le chlordane à 10 kg, la dieldrine à 4 kg, le lindane à 1 kg de certaines marques, l'H. C. H. à 600-800 g de γ diminuent la valeur gustative. Dans la Gironde, le parathion à 3,200 kg aurait donné un léger goût à la Pomme de terre (var. Institut de Beauvais) alors que le chlordane à 3,200 kg n'a pas communiqué de saveur désagréable (ANGLADE 1952).

Aux Etats-Unis, STONE, FOLEY et BIXBY (1953) signalent que le toxaphène et le chlordane à 22 kg/ha, l'aldrine à 4,230 kg donnent un mauvais goût à la Pomme de terre. Les sols traités avec l'H. C. H. ou avec 22 kg de toxaphène modifient l'arôme du Tabac (ALLEN, WALKER, FIFE, CHISHOLM, KOBLITSKY, BULLOCK, HODGE, HALL 1954).

Les Stations fédérales suisses n'autorisent l'emploi de l'H. C. H., du « gamma-Hexa », du chlordane et de l'aldrine qu'au moins « 3 ans avant la culture de plantes dont les parties destinées à la consommation humaine ou animale se développent dans le sol ou risquent d'être souillées par la terre ».



FIG. 4. — Action de l'H. C. H. appliqué à 50 kg/MA/ha un mois avant le semis sur le Blé de printemps. Versailles, 14 avril 1948.

D'après les opinions que j'ai recueillies auprès de divers producteurs de Pomme de terre, et les observations personnelles que j'ai pu faire, il est à craindre que quelques tubercules acquièrent un goût déplaisant lorsqu'ils sont plantés dans une terre traitée depuis moins de 4 ans pour l'H. C. H. à 10-12 kg/ha, depuis moins d'un an pour le lindane à 1,250 kg, le chlordane à 6-10 kg et l'aldrine à 4-5 kg ; le parathion à 5 kg n'altère

pas la valeur gustative de la récolte ; ces chiffres constituent une moyenne et nous verrons ultérieurement qu'il est préférable de n'appliquer aucun insecticide l'année de la plantation des pommes de terre en raison du passage des insecticides dans les tubercules.

L'hypertrophie du coléoptile ou de l'extrémité des racines, et l'action rhizogène de l'H. C. H. technique ont incité divers chercheurs à étudier les causes de ce phénomène. KOSTOFF (1948) a remarqué que l'H. C. H. agit d'abord sur le cytoplasme et ensuite sur la caryocinèse ; il se forme des cellules tétraploïdes, octoploïdes et même des cellules à un plus haut degré de polyploïdrie ; les cellules augmentent au lieu de se multiplier ce qui se traduit par le gonflement des racines, des bourgeons et des coléoptiles. De jeunes racines d'Oignon dont les méristèmes sont en voie de division active plongées dans une suspension d'H. C. H. à 0,01 p. 100 présentent des modifications des mitoses comparables à celles que provoque un traitement à la colchicine appliqué dans les mêmes conditions (QUIDET et HITIER 1948).

HOCKING (1950) a signalé que les déformations des plantes n'étaient pas dues à l'isomère γ et qu'il était possible que cela soit attribuable à la présence de quantités infimes de trichlorobenzènes qui provoquent un gonflement accusé du coléoptile et de la racine (GAVAUDAN et GAVAUDAN 1940).

MAYER (1951) a fait croître des graines de Haricot et de Maïs, des boutures de *Tradescantia*, de jeunes plants de Tomates dans des suspensions renfermant les isomères purs α, β, γ, δ de l'H. C. H. L'isomère α et l'isomère β n'ont aucune action inhibitrice ; les racines se développant dans la suspension d'isomère γ sont chétives et en massue à leur extrémité. Dans la suspension d'isomère δ les racines meurent aussitôt après leur formation ou la croissance est totalement arrêtée ; des phénomènes presque identiques sont observés avec les suspensions d'H. C. H. technique. Le mélange en parties égales des isomères α et γ a une action dépressive plus forte que les isomères α ou γ purs ce qui permet de supposer que l'action phytotoxique de l'H. C. H. technique est attribuable non seulement à la présence de l'isomère δ mais également à un certain synergisme des autres isomères. Enfin les isomères α ou γ ne communiquent aucun goût ou odeur déplaisants.

En utilisant une technique de numération cellulaire, HOPKINS (1952) a constaté que l'isomère δ a une phytotoxicité égale ou supérieure à celle de l'isomère γ. A une haute concentration, l'isomère α inhibe la croissance et amène la formation de tumeurs sur les racines de Courge mais n'a pas d'effet sur les racines de Carthame.

A 5 kg/ha et en serre, le parathion ralentit faiblement la croissance du Blé pendant 30 jours après la levée ; celle de l'Avoine et de l'Orge est très légèrement diminuée pendant 20-25 jours, puis les plantes des sols

traités se développent souvent plus rapidement que les témoins ; le pourcentage des levées est abaissé de 5 à 10 p. 100 pour le Trèfle, la Luzerne et surtout le Haricot ; il n'y a pas de différence avec le témoin pour la Betterave.

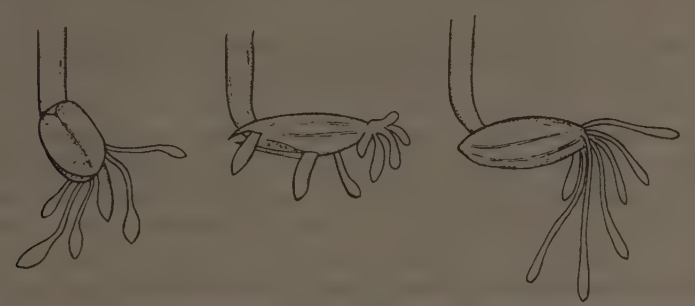


Fig. 5. — Action de l'H. C. H. appliqué 13 mois auparavant à 1 000 kg MA /ha sur le Blé, l'Avoine et l'Orge. L'insecticide a été épandu sur le sol labouré le 1er avril 1948 et enfoui à l'aide d'un rateau. L'année suivante, la terre n'a pas été labourée mais travaillée superficiellement avant le semis. Les plantes représentées ci-dessus (2 mai 1949) avaient seulement 3 feuilles alors que celles des témoins présentaient 3 à 4 talles, ayant chacun 4 ou 5 grandes feuilles. La parcelle a été bêchée au cours des années suivantes et cultivée en diverses Crucifères ; elle a été ensemencée au printemps 1954 avec de l'Orge ; les plantules ont jauni fortement une semaine après la levée et sont mortes un mois à un mois et demi plus tard.

Dans les essais en plein air, il n'a été constaté aucune différence entre les plantes se développant dans des terres traitées avec 5 et 10 kg de parathion et les témoins pour le Blé, l'Avoine et l'Orge ; à 10 kg, le pourcentage de levées des betteraves est légèrement diminué.

Le chlordane à 20 kg/ha retarde légèrement la croissance du Blé ; il entraîne des déformations du coléoptile et des racines moins marquées que celles que provoque l'H. C. H.

L'aldrine et la dieldrine ne provoquent pas de malformations ni de retard de croissance avec doses courantes d'emploi. Cox et Lilly (1952) ont employé des poudres mouillables renfermant 25 p. 100 d'aldrine ou de dieldrine aux doses de 2,200, 4,400, 8,800, 17,6, 36 et 144 kg/ha sur le Sarrasin, le Maïs, le Blé, l'Avoine, le Riz, le Sorgho sucré, le Soja et le Lin. La dieldrine n'a eu aucune action phytocide, même à la dose maximum. Le Maïs, le Lin et le Soja supportent la dose maximum d'aldrine ; il y a de légers troubles de croissance pour l'Orge au-delà de 36 kg/ha, pour le Sarrasin et le Blé, au-delà de 8,800 kg, pour l'Avoine et le Riz au-delà de 4,400 kg.

Aux doses normales d'emploi ou légèrement supérieures (2,200 à 4,400 kg/ha) l'aldrine et la dieldrine stimulent légèrement la croissance et augmentent le pourcentage de germination.

Le passage dans la plante des insecticides utilisés en traitement du sol entraîne parfois des modifications dans la population animale des parties aériennes des plantes. Klostermeyer et Rasmussen (1953)

ont signalé que des cultures de Haricot et de Pomme de terre végétant dans des terres traitées avec le D. D. T., l'H. C. H., le lindane, l'aldrine, le chlordane étaient très fortement attaquées par un Acarien, *Tetranychus bimaculatus* HARVEY, alors que les lots témoins étaient indemnes.

F. — Accumulation des insecticides dans les racines et les tubercules

Le goût déplaisant des tubercules de Pomme de terre qui se sont développés dans des sols traités avec l'H. C. H. prouve que les insecticides peuvent traverser l'épiderme des tubercules ou des racines et s'y accumuler. Les insecticides endothérapiques pénètrent facilement dans les racines et sont ensuite véhiculés dans toutes les plantes mais bien des substances antiparasitaires qui ne sont pas considérées comme étant douées d'une action télétoxique sont cependant capables de traverser l'épiderme des végétaux et de s'accumuler au voisinage immédiat. Ce problème revêt une importance primordiale, la plupart, sinon tous les insecticides ou les corps qui dérivent de leur dégradation, étant plus ou moins toxiques pour l'homme et les animaux domestiques.

On a constaté à maintes reprises que les sols traités depuis 1, 2 ou même 3 ans avec 10-12 kg d'H. C. H. /ha pouvaient communiquer un goût désagréable à la Pomme de terre. Pour les autres substances qui ont une odeur ou un goût beaucoup moins accusés, les opinions diffèrent mais l'analyse chimique ou des tests biologiques prouvent que la migration de l'insecticide vers la racine ou les tubercules est un phénomène général.

QUESTEL et CONNIN (1947) ont signalé que les feuilles et les bourgeons du Maïs se développant dans un sol traité avec du parathion étaient toxiques pour *Pyrausta nubilalis* HB. STARNES (1950) a analysé, par des méthodes chimiques ou biologiques, des pommes de terre qui avaient été plantées en serre dans des terres traitées avec de l'isomère gamma de l'H. C. H., ou du parathion. Dans un sol traité avec 11,3 kg d'isomère γ, les essais biologiques ont révélé la présence, 112 jours après la plantation, de 2,03 p. p. m. dans le sol, 1,96 p. p. m. dans l'ensemble de la Pomme de terre et 1,13 p. p. m. dans les tubercules ; pour un sol ayant reçu 45 kg d'isomère γ l'analyse donnait respectivement 7,14, 7,37 et 2,09 p. p. m. Dans un sol traité avec 28 kg de parathion/ha il a été trouvé par l'analyse chimique (les tests biologiques donnant des chiffres nettement plus faibles) 5,32 p. p. m. dans la terre, 0,11 p. p. m. dans la plante et 0,17 p. p. m. dans les tubercules.

Des essais similaires ont été faits sur la Pomme de terre par TERRIERE et INGALSBE (1953). L'analyse biologique faite avec des larves de moustiques sur les tubercules a révélé que ceux-ci renfermaient de l'heptachlore l'année du traitement (les essais n'ayant pas été faits au-delà),

de l'aldrine et de l'E. P. N. 2 ans après le traitement, de l'H. C. H., du chlordane et de la dieldrine 3 ans après le traitement (fig. 3). Il n'a pas été décelé de toxaphène, de D. D. T. ou de parathion un an après l'épandage de l'insecticide.

Ces travaux permettent de conclure que les tubercules ou racines récoltés dans des terres traitées 3 ans auparavant peuvent renfermer des quantités plus ou moins grandes d'insecticide et que leur ingestion présente un danger qu'il convient de ne pas sous-estimer [1] ; ceci est particulièrement grave pour les plantes maraîchères qui sont consommées à l'état frais (Radis) mais il n'est nullement certain que la cuisson supprime ou diminue fortement la toxicité de certains des insecticides utilisés couramment pour le traitement du sol.

G. — Action des insecticides sur la faune et la microflore du sol

Grigor'Eva (1952) a étudié dans la province de Léningrad les modifications qu'entraînait l'application de l'H. C. H. à différentes doses sur la faune du sol. Une numération faite 3 mois après le traitement a montré que les espèces phytophages et prédatrices étaient très sensibles à l'H. C. H., la mortalité augmentant parallèlement à la dose d'insecticide (5 à 30 kg H. C. H./ha). Le nombre des espèces, cependant, a augmenté aux faibles doses d'H. C. H. mais a fortement diminué avec des applications de 15 et 30 kg. Aux doses couramment recommandées pour la destruction des taupins (10-15 kg) il n'a pas été noté de mortalité chez les lombrics et les petits Oligochètes. A la suite de traitement du sol avec 15-45 kg d'H. C. H./ha la faune globale a augmenté la 2e et la 3e année après le traitement mais a été diminuée 3 ans après un traitement à 75 kg H. C. H./ha. Les traitements à 5-30 kg H. C. H./ha ont entraîné la 1re année une diminution des dégâts d'*Oscinella frit* d'environ 80 p. 100, ainsi que celle des carabes adultes ; le nombre de ces derniers a été identique à celui des témoins l'année suivante.

L'application de D. D. T. à des doses supérieures à 11 kg/ha diminue le nombre des nodosités de différentes Légumineuses (Appleman et Sears, 1946) ; à des doses légèrement supérieures à la normale, il n'a pas été constaté d'effet nuisible sur ces nodosités, ni sur le développement des microorganismes (Wilson et Chondhri, 1946).

Drouineau, Gouny et Lahaye (1947) ont étudié « in vitro » l'influence de doses croissantes de D. D. T. et d'H. C. H. par le dénombrement des *Azotobacter* (méthode de Winogradsky), par la mesure de la nitrification du sulfate d'ammoniaque et celle du dégagement de CO_2. Aux doses de 5 à 50 kg de D. D. T. ou d'H. C. H./ha il n'a pas été noté

[1] La DL 50 par ingestion en mg/kg sur les Rats est la suivante d'après l'Association of Food and Drug Officials of the United States (vol. 15 et 16). Methoxychlor 6000, chlordane 457, D. D. T. 250, lindane 125, dieldrine 87, toxaphène 69, aldrine 67, parathion 3.

d'action perturbatrice sur le nombre des *Azotobacter*, la nitrification et la respiration du sol. L'action de l'H. C. H., du D. D. et du bromure d'éthylène a été étudiée sur deux terres, l'une provenant de Beauce et l'autre d'une culture maraîchère, par POCHON et LAJUDIE (1948) ; ces insecticides ont une action à peu près nulle, ou légèrement déprimante sur les B. cellulolytiques aérobies (*Cytophaga*), un effet nul ou faiblement stimulant sur la microflore ammonifiante et les Actinomycètes. Il a été noté une action stimulante extrêmement nette sur les fixateurs aérobies (*Azotobacter*) et les ferments nitreux, qui a persisté pendant les deux mois qu'a duré l'expérience. D'après DESHUSSES (1949), l'addition d'H. C. H. au sol semble provoquer l'apparition de quantités considérables de nitrites.

Le parathion, même à la dose de 115 kg/ha, n'a pas d'effet nuisible sur les microorganismes du sol (KASTING et WOODWARD, 1951). L'aldrine et la dieldrine n'ont pas d'action toxique sur les nodosités des Légumineuses, les microorganismes nitrifiants ou ammoniacaux ainsi que sur les Protozoaires du sol (GAINEY, 1952).

D'après ces divers travaux, il ne semble pas que les divers insecticides utilisés pour le traitement du sol aient un effet déprimant sur la faune et la microflore de la terre ; on peut se demander cependant si l'application répétée de substances se décomposant très lentement n'entraîne pas des perturbations qui ne seront perceptibles qu'à longue échéance.

H. — Conclusions

Le traitement du sol peut être envisagé de deux façons : en traitement dans la raie de semis ou de plantation, ou en épandage homogène.

Le traitement dans la raie de semoir pour les Céréales et la Betterave nécessite un dispositif spécial qui est d'une mise au point délicate ; d'autre part, il ne donne généralement pas des résultats supérieurs au traitement des semences et, en conséquence, ce procédé n'est pas à retenir sauf, peut-être, pour le Maïs.

L'épandage de l'insecticide dans la ligne de plantation des pommes de terre n'assure pas une excellente protection ; on peut n'envisager cette technique que dans les régions pauvres et de petite propriété où l'on a l'habitude de répandre l'engrais dans la raie et à la condition que la densité larvaire soit faible ; afin d'avoir une répartition plus homogène, l'insecticide sera mélangé au préalable à l'engrais ; il ne pourra être envisagé dans ce cas que l'emploi de l'aldrine à la dose de 1 à 2 kg/ha et du parathion qui présentent l'avantage de ne pas être phytotoxiques et, en ce qui concerne le parathion, de ne pas communiquer de mauvais goût.

Le traitement général du sol peut se faire avec des poudres ou en pulvérisation, les poudres mouillables étant à égalité de matière active moins coûteuses que les poudres pour poudrages. Les pulvérisations

assurent une répartition plus régulière de l'insecticide que les poudrages ; elles présentent l'inconvénient de nécessiter le transport d'un important tonnage d'eau et, à quantité égale de M. A., elles donnent généralement de moins bons résultats que les poudrages.

D'une façon générale, il est donc préférable de traiter par poudrage. L'arrosage des plantes au moment du repiquage est recommandable pour les cultures maraîchères et florales ; il ne doit être utilisé que des poudres mouillables et non des émulsions, les solvants faisant preuve généralement d'une haute phytotoxicité.

Les insecticides seront de préférence appliqués sur un sol labouré et mélangés à la terre par le passage croisé d'instruments assurant un bon enfouissement ; on utilisera si possible un pulvériseur à disques, un canadien ou, à la rigueur, une forte herse ; ce travail sera fait une à trois semaines avant le semis suivant la plus ou moins grande phytotoxicité de l'insecticide et la sensibilité des plantes.

Les insecticides qui sont à recommander actuellement sont le D. D., l'H. C. H., le lindane, le parathion, le chlordane et l'aldrine ; ils présentent tous des avantages et des inconvénients qui peuvent être résumés comme suit :

Le D. D. est coûteux et d'un emploi malaisé ; il n'est à utiliser, à la dose de 400-450 l/ha, que dans les cultures envahies par les Nématodes (cultures maraîchères) ; il est nécessaire que la température du sol au moment du traitement soit au moins égale à 15°.

L'H. C. H. technique est très efficace à la dose de 10-12 kg MA/ha ; de tous les produits utilisés pour le traitement du sol, c'est celui qui assure les résultats les plus réguliers tout en étant le moins coûteux. Il fait preuve d'une bonne persistance d'action jusqu'à 5 ans après son application. Il présente malheureusement le grave inconvénient de communiquer un goût très désagréable aux racines ou aux tubercules et de telles plantes ne doivent être cultivées dans les sols traités qu'au moins 4 ans après l'épandage, la persistance du mauvais goût variant assez bien suivant la nature du sol, les conditions climatiques et la nature des plantes à racines ou à tubercules.

Son emploi est donc hautement recommandable pour les exploitations où il n'est pas fait, ou exceptionnellement, de culture de Pomme de terre. Étant donné qu'il a une action excitatrice sur la croissance des Légumineuses il sera préférable de l'appliquer avant le semis de ces dernières, c'est-à-dire au printemps sur la terre labourée, de l'enfouir par une double façon superficielle et de semer soit directement la Légumineuse, soit une Céréale de printemps et la Légumineuse ; si cette dernière n'est maintenue en place que pendant 3 ans au maximum, la quantité de MA à utiliser à l'ha pourra être abaissée à 6-8 kg puisque l'insecticide agira sur les larves dès leur naissance, ces larves étant beaucoup plus sen-

sibles que les larves âgées. Il sera alors possible de faire une culture de Pomme de terre, 1, 2 ou 3 ans après le labour de la Légumineuse suivant la durée de celle-ci.

Sur défriche de prairie permanente ou temporaire on aura avantage à appliquer la dose de 10-12 kg/ha car on se trouvera en présence de larves de tout âge.

Le lindane à la dose de 1,250-1,500 kg/ha fait preuve d'une bonne efficacité, parfois identique à celle de l'H. C. H. à 10-12 kg/ha, mais généralement inférieure ; il est assez coûteux et les sols traités ne doivent être cultivés en plantes à racines ou tubercules qu'au moins un an après l'application de l'insecticide ; sa persistance d'action est inférieure à 6 mois.

Le parathion est employé à la dose de 7-8 kg ; il est d'un prix très élevé, son efficacité diminue rapidement en quelques mois mais il ne communique pas de mauvais goût ; il sera donc employé de préférence en application de printemps.

Le chlordane sera utilisé à la dose de 7-9 kg MA/ha ; il communique parfois un très léger goût aux pommes de terre plantées l'année même du traitement.

La dose d'emploi de l'aldrine est de 4 kg à 4,500 kg/ha ; cet insecticide est efficace, ne communique pas de goût déplaisant lorsqu'il est appliqué au moins un an avant la plantation, et n'a aucune action phytotoxique. La dieldrine présente sensiblement les mêmes avantages que l'aldrine ; sa dose d'emploi est de 3-4 kg mais elle est moins persistante et plus coûteuse que l'aldrine.

Le prix de revient d'un traitement du sol est le suivant :
H. C. H. : 11 kg/ha — 8 200-13 800 fr (1) ;
lindane : 1,375 kg — 15 500-18 600 fr (1) ;
parathion (mélangé à du superphosphate) : 7 kg — 40 000 fr,
chlordane : 8 kg — 18 000 fr,
aldrine : 4,250 kg — 18 000-25 000 fr (1) ;
dieldrine : 3,500 kg — 24 000 fr.

Les doses de M. A. indiquées précédemment sont à utiliser pour des populations larvaires, déterminées par la méthode de flottaison, égales ou supérieures à 1 500 000 larves et dans des terres fortes.

Elles pourront être diminuées de 30 p. 100 pour des sols légers ou des populations larvaires de 750 000 à 1 250 000 larves et de 40 à 50 p. 100 pour des populations inférieures ou voisines de 750 000 larves.

Les applications pourront être faites à la fin de l'automne pour les insecticides ayant une grande persistance d'action, c'est-à-dire pour l'H. C. H. le chlordane et l'aldrine. Si le traitement est exécuté à la fin

(1) Suivant la teneur en M. A.

de l'été, on pourra utiliser les différents insecticides qui entreront donc en contact avec les taupins lorsque ceux-ci reprendront leur activité à l'automne, mais à l'exception des régions à climat doux et humide assurant une longue période d'activité larvaire avant les froids, il sera préférable de traiter au printemps.

IV. — TRAITEMENT DES SEMENCES

Divers expérimentateurs se sont efforcés depuis plus de 50 ans d'enrober ou d'imprégner les graines avec des substances répulsives ou présumées toxiques pour les larves de taupins ; il a été essayé principalement plusieurs arsenicaux et des produits mercuriels. Il semble que la principale cause des échecs réside dans la propriété que possèdent les larves de rejeter des substances dont le goût leur déplaît (WOODWORTH, 1938).

Les premiers essais de traitement des graines avec des composés insecticides de synthèse ont été réalisés par LANGE (1947) en Californie, et par JAMESON, THOMAS et WOODWARD (1947) en Angleterre ; les expériences de LANGE ont été faites sur des graines de Betteraves avec des poudres renfermant 2 p. 100 d'H. C. H. dont 10 à 12 p. 100 d'isomère gamma. JAMESON, THOMAS et WOODWARD ont montré qu'une protection satisfaisante pouvait être obtenue par l'enrobage des graines d'Avoine de printemps avec de l'H. C. H. à 8 p. 100 de M. A. dont 40 p. 100 de γ à la dose de 800 g d'insecticide pour 100 kg de graines ; le D. D. T. à 20 p. 100, employé dans les mêmes conditions, n'a assuré aucune protection. Le traitement des graines avec l'H. C. H. a entraîné la mort de 35 p. 100 des larves alors que la distribution de 126 à 189 kg d'H. C. H. à 2 p. 100 à l'ha dans les lignes de semis en a détruit 64 p. 100.

LANGE, CARLSON et LEACH (1949 *a*) ont obtenu des résultats sensiblement meilleurs avec de l'H. C. H. ayant une teneur de 25 p. 100 de γ ; opérant sur du Blé, HOCKING (1949) conclue que le traitement des graines ne doit être réalisé qu'avec de l'isomère gamma pur.

Le parathion en poudre à 50 p. 100 de M. A., utilisé par DOGGER et LILLY (1949) sur du Maïs, a fait preuve d'une toxicité élevée contre les larves de divers Élatérides ; l'isomère gamma a donné d'assez bons résultats dans des essais de plein champ et le chlordane a été inefficace.

En 1949 également des essais ont été faits avec un mélange renfermant 1 p. 100 de mercure combiné (composés organomercurique) et 15 à 20 p. 100 d'isomère gamma sur l'Avoine et la Betterave (BONNEMAISON), avec de l'H. C. H. à diverses concentrations sur des betteraves (ERNOULD).

Au cours de ces dernières années d'autres substances ont été essayées : l'aldrine et la dieldrine par COX et LILLY (1952), BONNEMAISON (1952), l'aldrine, la dieldrine et l'heptachlore par KULASH (1953).

Dans les pages qui suivent, il sera fait mention des essais effectués en 1950 et 1951 en vue de déterminer :

1° L'action phytocide et les doses limites d'emploi des insecticides à base d'H. C. H. technique, de T. T. C., de lindane, de parathion, de chlordane, d'aldrine et de dieldrine sur des Céréales ainsi que sur des glomérules, des graines segmentées et des graines enrobées de Betterave.

2° Leur efficacité contre les larves de taupins et l'augmentation de rendement que peuvent entraîner ces traitements.

3° L'influence d'un contact prolongé de l'insecticide avec la graine sur la faculté germinative (expériences réalisées en 1951, 1953 et 1954).

Les essais ont été faits au laboratoire en boîtes de Petri, dans des terrines placées dans une serre et en plein air.

A. — Action phytocide

a) **Essais sur Céréales.** — Ces expériences ont été réalisées au printemps de l'année 1951 sur du Blé de printemps (var. Fydgia) ; presque tous les produits utilisés renfermaient 1,5 p. 100 de mercure du silicate de méthoxyéthylmercure en plus de l'insecticide et ils ont été appliqués à la dose de 400 g par quintal de graines. Les traitements ont été faits un mois avant le semis. Il a été procédé chaque jour à la notation de la levée et à la mensuration de la hauteur moyenne des plantules, de la longueur moyenne des racines et du poids de 100 plantes par lot.

Tableau VII

Essai sur Blé de printemps (var. Fydgia) en terrine, 1951.

Produits utilisés	Levées				Hauteur plantes	
	1er j	2e j	3e j	7e j	1er j	3e j
Témoin	43	91	93	96	1,2	6,3
1,5 % de mercure	39	93	96	98	1,3	6,2
1,5 % de mercure + 10 % parathion	35	89	92	98	0,8	6,1
1,5 % de mercure + 20 % γ de l'H.C.H.	25	89	94	97	0,6	6,0
1,5 % de mercure + 40 % γ de l'H.C.H.	24	75	84	97	0,8	6,2
40 % γ de l'H.C.H.	28	83	91	95	0,7	6,0
1,5 % de mercure + 60 % γ de l'H.C.H.	21	69	81	93	0,5	5,4
25 % aldrine	28	85	90	96	09	6,4
1,5 % de mercure + 60 % aldrine	21	86	91	97	06	5,6
25 % dieldrine	42	92	95	97	1,1	6,4
1,5 % de mercure + 50 % dieldrine	22	66	88	96	06	5,6

L'examen du tableau montre que tous les produits utilisés, à l'exception de la dieldrine à 25 p. 100, retardent la levée et la croissance du Blé.

La taille des plantes n'est pas mentionnée au-delà du 3e jour, l'éclairage insuffisant de la serre ayant entraîné l'étiolement des plantes. Les plantules ont été pesées 30 jours après la levée ; il n'a pas été noté de différences significatives entre les différents lots ; dans les 4 essais, cependant, le lot traité avec 1,5 p. 100 de mercure et 40 p. 100 de γ a été constamment supérieur au témoin. L'isomère gamma a entraîné la production d'excroissances à l'extrémité des radicelles et une hypertrophie du coléoptile d'autant plus marquées que la concentration en isomère gamma était plus élevée (fig. 6) ; les autres produits n'ont pas provoqué de malformations et le système racinaire était un peu plus développé pour l'aldrine à 25 p. 100, la dieldrine à 25 p. 100 et le parathion à 10 p. 100 que chez le témoin. La faculté germinative a été légèrement diminuée dans les lots à 60 p. 100 d'isomère gamma.



Fig. 6. — Plantules de Blé de printemps (Var. Fylgia) semées en terrine après enrobage avec divers insecticides — T : Témoin — 1 et 4 : graines traitées avec 1,5 p. 100 Hg + 20 p. 100 γ ; 2 et 5 : 1,5 p. 100 Hg + 40 p. 100 γ ; 3 et 6 : 1,5 p. 100 Hg + 60 p. 100 γ — en haut le 6e jour après le début de la germination, en bas le 12e jour.

Essai sur Maïs. — L'essai a été fait à la dose de 400 g par quintal sur du Maïs *Wisconsin* 464 ; le traitement a été réalisé le 25 janvier et le semis a été fait le même jour en serre dans des terrines.

Le tableau ci-dessous indique les pourcentages de germination décomptés à partir de la levée.

Des essais de germination ont également été réalisés en boîte de

TABLEAU VIII

Pourcentages de germination du Maïs traité avec diverses substances.

Produits essayés	1er jour	2e	3e	5e
Témoin	7	50	71	90
1,5 % mercure du silicate de méthoxyéthylmercure	26	68	85	93
1,5 % mercure du silicate de méthoxyéthylmercure + 10 % parathion	9	57	72	93
1,5 % mercure du silicate de méthoxyéthylmercure + 20 % γ-H.C.H.	21	54	80	91
1,5 % mercure du silicate de méthoxyéthylmercure + 40 % γ-H.C.H.	12	31	72	92
40 % γ-H.C.H.	6	40	63	86
1,5 % mercure du silicate de méthoxyéthylmercure + 60 % γ-H.C.H	8	35	62	91

Pétri à une température de 18° ; les lots traités avec l'isomère gamma présentaient des déformations (fig. 7).

Des essais de germination ont été effectués en boîtes de Pétri, en terrines et en plein air, sur des graines (Var. Grand Roux basque), traitées à la dose de 250 g par quintal ; les pourcentages moyens de germination sont indiqués ci-dessous.

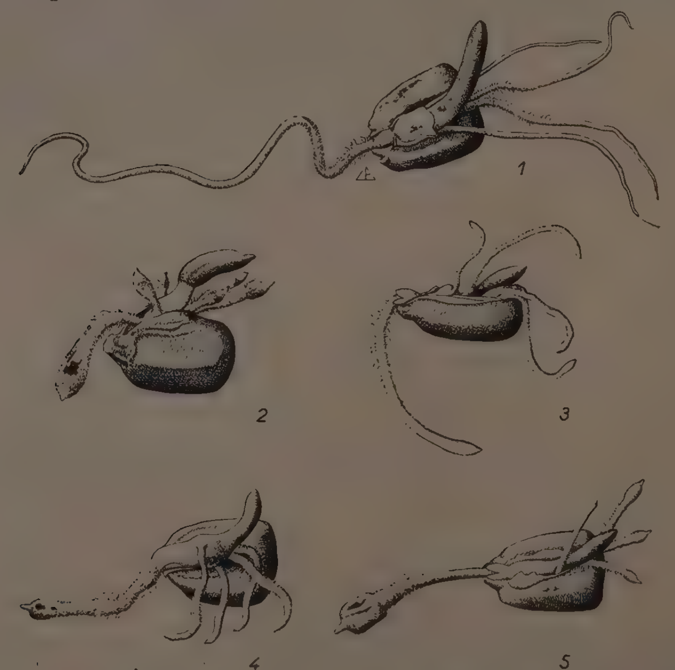


FIG. 7. — Essais de germination en boîte de Pétri de graines de Maïs enrobées avec divers insecticides à la dose de 300 g par quintal de graines — 1 — témoin 2 : 1,5 p. 100 Hg + 60 p. 100 γ — 3 : 1,5 p. 100 Hg + 20 p. 100 γ — 4 : 1,5 p. 100 Hg + 40 p. 100 γ 5 : 40 p. 100 γ.

TABLEAU IX

Pourcentages moyens de germination du Maïs sous diverses conditions.

Produits essayés	Essais en		
	Boîte Petri	Terrine	Plein air
Témoin	99	88	83
1,5 % mercure combiné			87
1,5 % mercure combiné + 20 % γ-H.C.H.	92	83	87
1,5 % mercure combiné + 40 % γ-H.C.H.	95	91	90
1,5 % mercure combiné + 60 % γ-H.C.H.	91	91	92
40 % γ-H.C.H.	88	89	85

La courbe de germination dans l'essai en plein air est indiquée sur la figure 8 ; la croissance de la partie aérienne a été légèrement retardée chez les plantes des lots traités mais ces différences ont disparu rapidement ; les premières feuilles des plantes du lot à 60 p. 100 de γ H. C. H. et, dans une moindre mesure, à 40 p. 100, étaient un peu plus étroites que celles du témoin.

Enfin, le 8e jour après le semis, la longueur moyenne des racines primaires était de 8 cm pour le témoin, de 7 cm pour le lot à 20 p. 100 de γ H. C. H., de 6 cm pour les deux lots à 40 p. 100 et de 4 à 5 cm pour le lot à 60 p. 100. Les racines secondaires ne présentaient pas de différences entre les divers lots à l'exception de celles du lot à 60 p. 100 qui étaient un peu plus courtes et très faiblement renflées à leur extrémité.

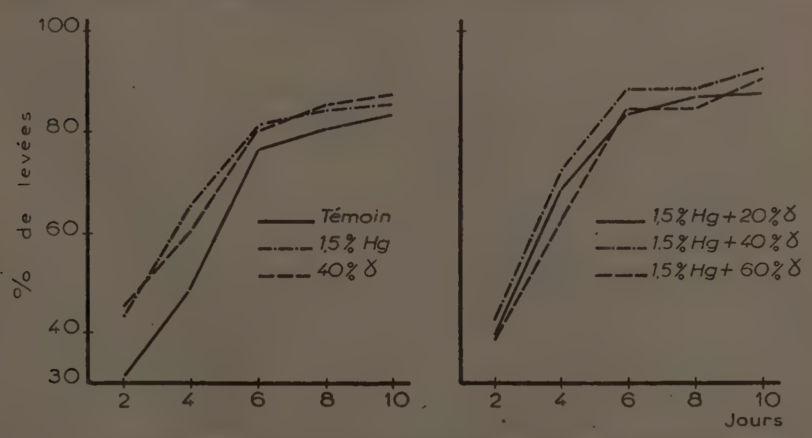


FIG. 8. — Levée de graines de Maïs Var. Grand Roux basque enrobées avec divers insecticides et semées en plein air.

Dans les cas où la température et l'humidité du sol assurent une germination lente et régulière, il n'y a donc pas d'inconvénient à employer pour le Maïs des poudres à 40 p. 100 d'isomère γ ; ces conditions sont géné-

ralement remplies dans la moitié septentrionale de la France et des résultats très satisfaisants ont été enregistrés sur plusieurs centaines d'hectares en 1953 et en 1954, lorsque la densité larvaire était faible ou moyenne.

b) **Essais sur Betteraves.** — Ils ont porté sur des glomérules, des graines segmentées et des graines enrobées semées dans des terrines placées dans une serre. Les traitements ont été exécutés le 3 avril 1950 par poudrage ou par immersion ; dans le premier cas, les glomérules et les graines segmentées ont été enrobées à la dose de 800 g par quintal à l'aide d'une machine spéciale assurant une répartition très régulière de la substance antiparasitaire.

Le traitement par immersion a été réalisé de la manière suivante : les graines ont été plongées et brassées pendant 10 minutes dans la bouillie insecticide à raison de 5 kg de graines pour 20 l de liquide ; elles ont été ensuite étendues en couche mince dans un grenier sur une aire cimentée ; il n'y a pas eu d'échauffement ni de germination. Les semis ont été effectués le 4 avril dans les terrines et le 11 avril en pleine terre.

Essais sur glomérules. — Ils ont été faits :

1° sous forme de poudrages avec des poudres renfermant :

1, 2, 3, 5, 10 et 20 p. 100 de parathion éthylé additionné ou non de 1,5 p. 100 de mercure du silicate de méthoxyéthylmercure ou de 50 p. 100 de disulfure de tétraméthylthiurame (Thirame) ;

5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 p. 100 d'isomère γ de l'H. C. H. ou 12 p. 100 de trithiocarbonate de polychlorocyclane (T. T. C.) ;

5 et 50 p. 100 de D. D. T.

2° en immersion dans des bouillies renfermant :

2,5 et 8 p. 100 d'un produit à 3 p. 100 de parathion,

5 et 10 p. 100 d'un produit à 12 p. 100 d'H. C. H. technique dont 13 p. 100 d'isomère γ.

Aucun des produits essayés n'a entraîné une diminution de la faculté germinative ; il a été reporté sur la 1re colonne du tableau X le pourcentage de graines germées le 5e jour après le début de la levée ; on voit que les poudres renfermant 2 à 20 p. 100 de parathion et 10 à 40 de γ H. C. H. ont accéléré la germination ; les traitements par immersion l'ont ralenti.

La seconde colonne indique le nombre moyen de plantules par 10 m linéaires relevé dans le champ d'essai situé à Baudreville (E.-et-L.) et la 3e le rendement en racines rapporté à 100 chez le témoin.

Des essais comparatifs, non mentionnés dans ce travail, ont été faits en plein champ avec plusieurs produits commerciaux ayant la même teneur en isomère γ ; il a été observé des différences notables (de 5 à 40 p. 100 entre ces produits tant du point de l'action phytocide qu'à celui

de la protection des plantes contre les Insectes ; c'est une des raisons pour lesquelles les observations faites en diverses régions et avec des insecticides de différentes origines sont parfois très discordantes.

En tenant compte de la protection assurée aux graines contre les larves souterraines et de la difficulté que présente le traitement par immersion, on peut donc conclure de ces expériences que les traitements par poudrages sont à préférer aux traitements humides et que les insecticides les plus intéressants sont le parathion à une concentration de 5 à 10 p. 100 et l'isomère γ à la concentration de 20 à 50 p. 100. Ces essais ont montré également que 28,9 p. 100 des glomérules donnaient une plantule, 29,6 en donnaient 2,40, 7 en produisaient 3 et 0,8 en donnaient 4.

Tableau X

Essais sur glomérules (1950.)

Produits utilisés	% de graines levées le 5e j	Nombre de plantules pour 10 m	Rendement
Témoin	69	176	100
Produits utilisés en poudrages renfermant :			
1 % de parathion	69	181	99,4
2 % —	84	213	102,6
3 % —	86	208	106
5 % —	100	203	104,5
10 % —	100	213	109,9
20 % —	90	198	106
3 % — + 50 % thirame	100	188	101,2
20 % — + 50 % thirame	100	198	106,2
3 % — + 1,5 % Hg (silicate de M.)	94	137	101,0
20 % — + 1,5 % Hg (silicate de M.)	100	112	101,9
5 % isomère gamma H.C.H.	76	199	103,3
10 % —	95	180	102
20 % —	100	191	104,5
30 % —	100	198	106,8
40 % —	100	210	111,6
50 % —	84	205	110,8
60 % —	80	168	105
5 % D.D.T.	83	174	100,7
50 % D.D.T.	71	181	102,2
12 % T.T.C.	75	165	100
Produits utilisés en immersion. Bouillies à :			
2 % parathion en suspension à 3 % M.A.	90	154	101
5 % —	79	195	104
8 % —	63	153	105,1
5 % H.C.H. en suspension à 12 % M.A.	50	203	112,4
10 % —	31	155	105,6

Ces expériences ont été recommencées en 1951 dans les mêmes conditions. Le champ d'essais était situé à Baudreville, comme dans le cas précédent ; la plupart des produits utilisés renfermaient 1,5 p. 100 de mercure du silicate de méthoxyéthylmercure en plus de l'insecticide ; il a été

essayé le parathion aux concentrations de 3, 4, 5, 7,5 et 10 p. 100, l'isomère γ de l'H. C. H. à 20, 40, 50 et 60 p. 100, l'aldrine et la dieldrine à 25 p. 100. La germination a été très légèrement accélérée avec le parathion aux différentes concentrations et les pourcentages de plantules augmentés de 10 à 25 p. 100.

Les essais effectués avec l'isomère γ ont été répétés à plusieurs reprises, les résultats étant parfois irréguliers ; de l'ensemble de ces essais réalisés uniquement avec le produit commercial jugé le meilleur l'année précédente on peut conclure que l'isomère γ aux concentrations de 10 à 40 p. 100 non additionné de substances organo-mercuriques accélère la germination et le pourcentage de graines germées ; cette action accélératrice est atténuée lorsque la substance mercurique est mélangée avec 5 à 20 p. 100 d'isomère γ et ne se manifeste qu'à des concentrations de 40 à 60 p. 100 (fig. 9).

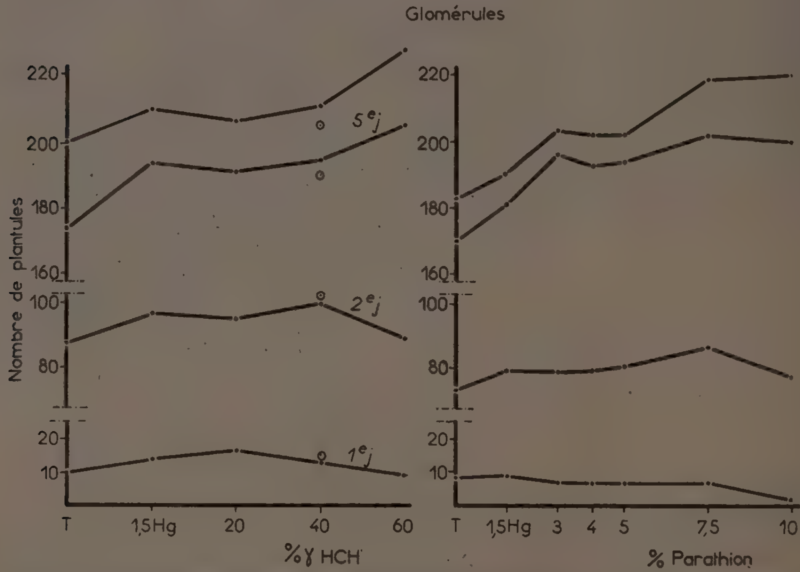


FIG. 9. — Essais de germination en terrines de glomérules traités avec l'H. C. H. ou le parathion associés à un organo-mercurique ; nombre de plantules les 1er, 2e et 5e jours après la levée et à la fin de la levée. Les points entourés d'un cercle se rapportent à 40 p. 100 γ-H. C. H. non additionné d'organo-mercurique. Versailles, 1951.

La courbe des poids de 100 plantules a correspondu sensiblement à celle exprimant le nombre des plantules. Pour 100 chez le témoin traité avec l'organo-mercurique, le poids a été de 110 pour les graines traitées avec la poudre renfermant l'organo-mercurique et 60 p. 100 d'isomère γ. Cette augmentation du poids des plantes a été confirmée par les pesées des betteraves provenant des différents lots dans les essais de plein champ.

La conclusion qui peut être tirée de ces essais est que les glomérules

peuvent être traités sans inconvénient avec des poudres titrant 5 à 10 p. 100 de parathion ou 40 à 50 p. 100 d'isomère γ associés à un composé organo-mercurique.

ESSAIS SUR GRAINES SEGMENTÉES.

En 1950, les essais ont été faits avec des poudres renfermant :

20-40-60 p. 100 de γ H. C. H,

3-10-20 p. 100 de parathion à la dose de 800 g par quintal de graines.

Les courbes de germination de la figure 10 montrent que tous les produits ont accéléré la germination et augmenté le pourcentage de levées. 87,5 p. 100 des graines ont donné une plantule, 10,2 présentaient deux plantules et 2,3 avaient trois plantules.

TABLEAU XI

Essais sur graines segmentées. (1950.)

Produits utilisés	% de graines levées le 5e j	Nombre de plantules par 10 m	Rendement
Témoin	58	64	100
Produits utilisés en poudrage renfermant :			
20 % γ-H.C.H.	93	117	122
40 % —	91	122	126,6
60 % —	91	106	124,2
3 % de parathion	100	137	114
10 % —	92	111	117
20 % —	75	107	112,9

Ces essais ont été repris en 1951 avec les mêmes produits que ceux qui ont été mentionnés pour le traitement des glomérules. L'organo-mercurique a augmenté le pourcentage de germination et accéléré celle-ci.

Le parathion a renforcé légèrement cette action, notamment aux concentrations de 7,5 et 10 p. 100. L'addition de 20 p. 100 d'isomère γ n'a pas modifié la vitesse de germination ; par contre les poudres à 40 p. 100 et à 60 p. 100 ont eu un effet accélérateur sur la germination (fig. 10).

Les teneurs optima en matière active pour le traitement des graines segmentées sont par conséquent de 7,5 à 10 p. 100 pour le parathion et de 40 à 50 p. 100 pour l'isomère γ de l'H. C. H.

ESSAIS SUR GRAINES ENROBÉES.

Les graines ont été préparées par une maison spécialisée dans les conditions suivantes : 1 litre de graines enrobées pesant 410 g contenait 140 g de graines segmentées, soit 14 000 graines, et 270 g de matière enrobante ; l'insecticide a été mis à la dose de 8 g par kg de graines segmentées nues soit 1,12 g par litre de graines enrobées. Il a été dénombré

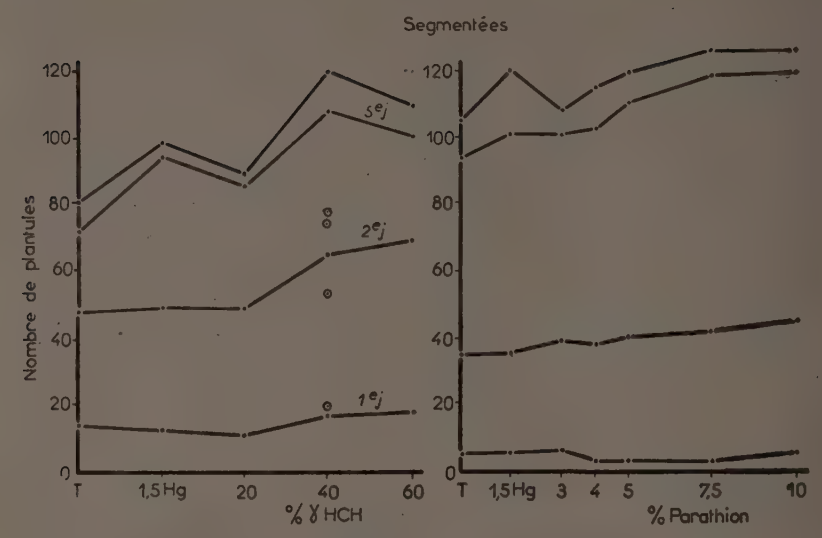


Fig. 10. — Essais de germination en terrines de graines segmentées traitées avec le γ-H. C. H. ou le parathion associés à un organo-mercurique ; nombre de plantules les 1er, 2e et 5e jours après la levée et à la fin de la levée. Versailles, 1951.

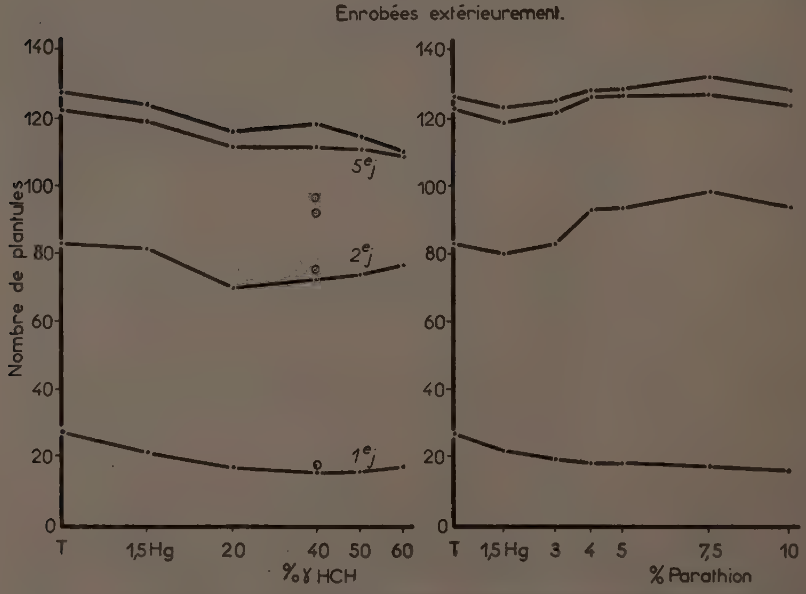


Fig. 11. — Essais de germination en terrines de graines enrobées extérieurement avec le γ-H. C. H. ou le parathion associés à un organo-mercurique ; nombre de plantules les 1er, 2e et 5e jours après la levée et à la fin de la levée. Versailles, 1951.

en moyenne 81,6 p. 100 de graines donnant 1 plantule, 16,9 p. 100 de graines à 2 plantules, 1,5 p. 100 de graines à 3 plantules.

Il a été utilisé des graines préparées de deux façons différentes : pour un lot, l'insecticide était fixé à la surface de la matière enrobante dans un support constitué par du liège pulvérulent alors que pour l'autre lot, l'insecticide et le fongicide étaient mélangés à la matière enrobante.

Insecticides fixés à la surface de la matière enrobante. — Les résultats des essais effectués en 1950 sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU XII

Essais sur graines enrobées extérieurement. (1950).

	% de graines levées le 5e j	Nombre de plantules par 10 m	Rendement
Témoin	76	38	100
1 % parathion	75	40	98,1
2 % —	80	41	109,3
3 % —	73	56	112,8
5 % —	76	46	109,3
10 % —	59	49	124,1
20 % —	30	57	102,2
5 % γ-H.C.H.	79	53	107,3
10 % —	78	44	109,3
20 % —	76	45	112,2
30 % —	72	54	131,0
40 % —	70	53	135,7
50 % —	56	44	122,7
20 % — + 1,5 % mercure combiné	78	57	107,7
Témoin (glomérules)			124
Témoin (graines segmentées)			108,5

Il n'y a pas eu dans ce cas d'accélération de la germination, l'insecticide n'étant pas au contact des graines et la matière inerte entourant la graine ayant gêné la levée (fig. 11).

Insecticides mélangés à la matière enrobante. — Les courbes de germination (fig. 12) montrent que les insecticides et le sel de mercure ont eu sur la germination un effet dépressif qui a disparu à partir du 5e jour, à l'exception des lots où la concentration en isomère γ était de 50 à 60 p. 100 ; cela est dû au fait que la radicule et la tigelle ont été plus longtemps au contact des substances antiparasitaires que pour les autres catégories de graines. Il est donc préférable d'enrober les graines segmentées avec le fongicide et de ne répartir l'insecticide qu'à la surface de la graine enrobée ; les essais de 1951 ont été faits uniquement avec des graines confectionnées de cette manière.

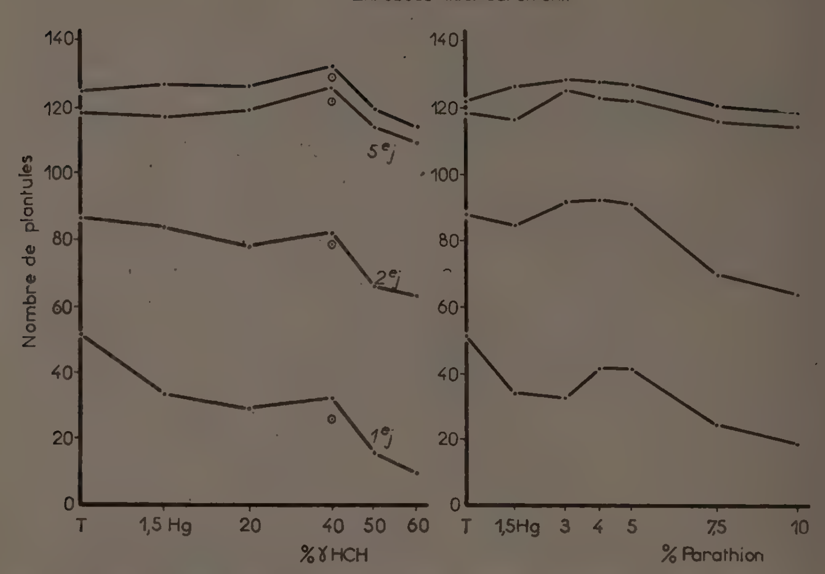


FIG. 12. — Essais de germination en terrines de graines enrobées intérieurement avec le γ-H. C. H. ou le parathion associés à un organo-mercurique ; nombre de plantules les 1er, 2e et 5e jours après la levée et à la fin de la levée. Versailles, 1951.

B. — Efficacité des traitements

a) **Essais sur Céréales.** — Des essais ont été réalisés en 1949 sur plusieurs hectares d'Avoine de printemps avec deux produits renfermant, l'un, 1,5 p. 100 de silicate de méthoxyéthylmercure, et l'autre, 1,0 p. 100 de cette même substance et 15 à 20 p. 100 d'isomère γ ; 15 jours après la levée il a été relevé par m^2 309 plantes pour le produit mixte et 218 avec le composé organo-mercurique seul ; en outre les plantes du premier lot étaient beaucoup plus vigoureuses que celles du second.

J'ai eu l'occasion d'examiner depuis 1949 plusieurs champs de Blé ou d'Avoine attaqués par des taupins dont une partie des graines avait été traitée avec un composé organo-mercurique et l'autre avec la même substance mercurique additionnée de 20 p. 100 de lindane ; l'augmentation de rendement due à l'emploi de la substance mixte a varié de 7 à 39 p. 100.

b) **Essais sur Betterave.** — Les expériences ont été réalisées en 1950 et 1951 à Baudreville (E.-et-L.) sur deux champs de 3 ha environ ; il a été essayé comparativement les glomérules, les graines segmentées, les graines enrobées et le traitement du sol avec 3 répétitions dans chaque cas. Les

résultats des essais effectués en 1950 (nombre moyen de plantules pour 10 m relevé le 19 mai, et rendement rapporté à 100 chez le témoin) sont indiqués dans le tableau X pour les glomérules, le tableau XI pour les graines segmentées et le tableau XII pour les graines enrobées. Il est à noter que le rendement des parcelles ensemencées avec des graines enrobées a été nettement inférieur à celui fourni par les parcelles de graines segmentées et surtout des graines enrobées : pour un rendement de 100 chez le témoin des graines enrobées, il a été respectivement de 108,5 et de 124 pour les témoins des graines segmentées et des glomérules. Cela est dû à ce que la quantité de graines employées dans les deux premiers cas a été insuffisante ; après le démariage, les lignes présentaient une faible densité de betteraves.

TABLEAU XIII

Essais de plein champ de traitement de glomérules, de graines segmentées et de graines enrobées. Nombres moyens de plantules et rendement en racines. Baudreville, (1951).

Produits utilisés	Glomérules		G. segmentées		G. enrobées	
	Nombre de plantules	Rendement	Nombre de plantules	Rendement	Nombre de plantules	Rendement
Témoin	100	100	100	100	100	100
Produits utilisés en poudrage renfermant :						
1,5 % de mercure du silicate de M.	120	108	179	99	101	105
1,5 % de mercure du silicate de M. + 3 % parathion	119	103	177	100	110	110
1,5 % de mercure du silicate de M. + 4 % parathion	147	110	191	100	115	108
1,5 % de mercure du silicate de M. + 5 % parathion	145	116	195	100	103	112
1,5 % de mercure du silicate de M. + 7,5 % parathion	147	111	183	108	119	119
1,5 % de mercure du silicate de M. + 10 % parathion	151	132	207	111	116	112
50 % thirame	137	104	195	104	97	115
50 % thirame + 3 % parathion	154	108	204	110	112	105
1,5 % de mercure + 20 % γ-H.C.H.	150	106	212	116	120	119
1,5 % de mercure + 40 % γ-H.C.H.	153	134	233	118	119	129
1,5 % de mercure + 50 % γ-H.C.H.	150	126	256	119	130	131
1,5 % de mercure + 60 % γ-H.C.H.	133	117	271	117	126	125
40 % γ-H.C.H.	114	103	197	107	102	126
25 % aldrine	129	114	186	106		
25 % dieldrine	135	118	168	109		

Nombres moyens de plantes par mètre linéaire chez les témoins :
- Glomérules 11,5
- Segmentées 4,9
- Enrobées 5,2

Rendements relatifs chez les témoins :
- Glomérules 100
- Segmentées 98,9
- Enrobées 72,1

Dans presque tous les cas, le traitement des semences s'est traduit par une augmentation de rendement qui a varié de 0 à 11,6 p. 100 pour les glomérules de 12.9 à 26,6 pour les graines segmentées et de 0 à 35,7 p. 100 pour les graines enrobées. Ces résultats étaient cependant insuffisamment significatifs, la densité de larves de taupins étant faible et la répartition de ces dernières irrégulière.

Un nouvel essai a été fait dans la même commune en 1951 dans un champ plus fortement infesté, la densité moyenne de larves étant de 450 000 larves à l'ha. Les glomérules et les graines segmentées ont été traitées à la dose de 700 g par quintal le 3 avril ; les graines enrobées étaient préparées de la même manière qu'en 1950. Presque tous les produits essayés étaient mixtes et renfermaient pour la plupart 1,5 p. 100 de mercure de silicate de méthoxyéthylmercure. Le semis a eu lieu les 18 et 19 avril.

Le tableau XIII indique le nombre moyen de plantules relevé le 30 mai dans les différents lots ainsi que le rendement rapportés à 100 chez le témoin. Dans la quasi-totalité des cas, les insecticides ont assuré une protection satisfaisante des betteraves et les rendements ont été augmentés de 3 à 34 p. 100 pour les glomérules, de 0 à 19 p. 100 pour les graines segmentées et de 5 à 31 p. 100 pour les graines enrobées.

C. — Etudes diverses

Plusieurs travaux relatifs au traitement des semences ont été publiés au cours de ces dernières années et leurs conclusions sont parfois très divergentes.

McLeod (1946 *a-b*) a employé l'H. C. H. technique en enrobage des graines d'Oignon pour protéger ces plantes contre la Mouche de l'Oignon et a observé que l'insecticide avait une forte action phytocide. Une poudre renfermant 0,5 p. 100 de γ H. C. H. employée en enrobage de graines de Maïs et de diverses autres plantes à la dose de 340 g par hl a fortement diminué la faculté germinative (Brooks et Anderson, 1947) ; des faits analogues ont été observés par Stoker (1948) sur divers légumes.

Dogger et Lilly (1949) ont essayé comparativement sur le Maïs le parathion à 50 p. 100 de M. A., l'H. C. H. à 98 p. 100 de γ et le chlordane aux doses de 350 et 700 g par hl de graines ; les expériences ont été faites au laboratoire et en plein champ. Le parathion a accéléré la germination et a assuré une excellente protection contre les larves de *Melanotus communis* GYLL, *Dalopius pallidus* Brousse et *Agriotes mancus* SAY : l'H. C. H. a provoqué quelques déformations des racines à la dose de 350 g et de légères nécroses à 700 g/hl ; son action sur les taupins ne s'est manifestée d'une façon satisfaisante que dans les cultures faiblement infestées ; le chlordane a été inefficace.

Des essais sur Maïs ont été faits par DUFFIELD (1952) avec une poudre mouillable à 50 p. 100 de methoxychlore à la dose de 120 g/hl, une poudre mouillable à 25 p. 100 d'aldrine à 240 g/hl et une poudre mouillable à 75 p. 100 de lindane à 120 g/hl. L'aldrine et le metoxychlore ont été faiblement phytotoxiques mais le pourcentage de germination a été abaissé à 85 p. 100 pour les graines traitées avec le lindane et semées la 40e semaine après l'enrobage ; dans tous les cas (semis échelonnés 0, 10, 24 et 40 semaines après le traitement), le lindane a diminué la faculté germinative et retardé la levée ; ces effets ont été augmentés lorsque le grain avait une faible teneur en eau, lorsque la température était basse et lorsque le grain avait été emmagasiné pendant longtemps ; il est donc préférable d'effectuer le traitement quelques jours avant le semis.

LANG, CARLSON et LEACH (1949) ont essayé comparativement le parathion, l'H. C. H. technique, le lindane, l'aldrine, la dieldrine, le D. D. T. et le chlordane ; ils estiment que le lindane est la substance la plus intéressante et qu'il est préférable d'utiliser cet insecticide sous la forme de solution ou de suspension plutôt qu'en poudrage ; le traitement humide présente divers avantages : meilleure répartition et adhérence de l'insecticide à la surface de la graine, plus grande efficacité et moindre danger pour l'opérateur. Les quantités de produit à 25 p. 100 de lindane recommandées sont de 1 p. 100 en poids pour la Betterave, 0,5 p. 100 pour le Coton, la Laitue, la Tomate, 0,25 p. 100 pour le Concombre, le Melon (Cantaloup), le Maïs, le Pois, l'Orge, 0,0625 à 0,25 pour divers haricots et plantes voisines, 0,0625 à 0,125 pour le Blé.

ERNOULD (1951) a traité des graines de Betterave avec des poudres renfermant 1 p. 100 d'organo-mercurique et 20 ou 40 p. 100 de lindane à la dose de 0,3 ou 0,6 p. 100 ; il n'a pas été constaté d'action dépressive sur la végétation, même aux plus fortes doses, et le rendement maximum en racines et en sucre a été obtenu dans le lot traité à 0,6 p. 100 avec le produit à 40 p. 100 de lindane.

Des expériences sur des graines segmentées de betteraves ont été faites en France par THÉNARD et de MALLMANN (1951) par poudrage aux doses de 1 kg et 1,500 kg par quintal avec des produits renfermant 1,5 p. 100 de mercure du silicate de méthoxyéthylmercure et 50 ou 60 p. 100 de lindane, soit 15 à 27 g de lindane par ha ; le nombre des plantules sur 10 m a été de 50 pour le témoin et de 94,5 à 112 pour les graines traitées.

GUNTHART (1951) a préconisé le traitement par poudrage avec un fongicide additionné de 20 à 30 p. 100 de lindane aux doses de 200 g pour les Céréales à tégument lisse, de 300-400 g pour les autres Céréales et 600 à 1 000 g pour les graines de betteraves sucrières.

MELTZER (1951) a utilisé le lindane et l'H. C. H. technique pour des essais sur diverses Céréales et la Betterave à sucre. Dans les essais en serre, l'H. C. H. a eu une forte action dépressive sur la germination ; le lindane

à la dose de 0,6 g/kg de graines n'a pratiquement pas eu d'effet nuisible sur le Blé, le Riz, l'Orge et l'Avoine ; il en a été de même pour le Maïs aux doses de 0,3 à 2,4 g/kg. L'H. C. H. et le lindane aux doses normales d'emploi ont eu une action stimulante sur la Betterave à sucre. Des essais de germination ont été faits 1, 3 et 4 mois après le traitement et il n'a pas été constaté de diminution de la faculté germinative avec le lindane.

Une étude détaillée de l'action de l'isomère γ sur les Céréales a été réalisée par JAMESON, THOMAS et TANNER (1951) ; ils ont employé un mélange de 1 p. 100 d'organo-mercurique et de 70 p. 100 d'H. C. H. à 98 p. 100 de γ. L'action retardatrice sur la germination du γ de l'H. C. H. aux hautes concentrations s'est manifestée davantage sur le Blé lorsque la croissance était rapide que lorsqu'elle était lente ; les poudres à 50 et 70 p. 100 de γ H. C. H. n'ont pas réduit le rendement de façon significative mais la protection des plantes était assurée avec les poudres à 20 ou 30 p. 100. KULASH (1953) a essayé plusieurs insecticides en traitement des semences sur le Maïs et l'Avoine ; le classement par ordre décroissant d'efficacité s'établit comme suit : lindane, heptachlore, dieldrine, aldrine et chlordane. En essais de laboratoire, une mortalité de 40-60 p. 100 a été obtenue avec des poudres à 15 p. 100 de parathion, 50 p. 100 de chlordane, 25 p. 100 d'heptachlore employées à la dose de 22,8 g/kg de graines, avec 25 p. 100 de lindane à 11,5 g/kg et avec 25 p. 100 de dieldrine à 2,8 g/kg. Du Maïs traité avec une poudre mouillable à 25 p. 100 de lindane à la dose de 500 g/kg et semé dans plusieurs champs a été très fortement attaqué. KULASH explique cet insuccès par la forte densité de larves de taupins par le fait que celles-ci s'attaquent aux racines ainsi qu'à la partie enterrée de la tige.

ANGLADE et BERJON (1953) ont observé également dans le sud-ouest de la France que le Maïs traité avec du lindane, du parathion, de l'aldrine ou de la dieldrine était insuffisamment protégé contre les larves de taupins ; cette inefficacité est attribuée au fait que les morsures ont lieu tardivement, qu'elles sont faites de préférence au collet ou sur la racine principale, et qu'en raison de la taille du grain, la quantité d'insecticide introduite dans le sol est beaucoup plus faible que pour les autres Céréales. Des essais de germination de graines de Maïs enrobées avec divers insecticides ont été faits sur papier filtre en terrines et en plein champ par ANGLADE (1953) ; l'action dépressive du lindane sur la germination a été accusée dans les essais en terrines mais s'est manifestée de façon irrégulière en plein champ.

WURGLER, STAEHLIN et BOLAY (1954) ont essayé comparativement au laboratoire en terrines ou en cases de végétation, le lindane et un mélange de lindane et d'hexachlorobenzène ; ils ont constaté que l'action tératogène du lindane augmente avec la température. Pour les glomérules de Betterave, JONES et HUMPHRIES (1954) préconisent l'emploi du mé-

lange d'un composé mercuriel à 1 p. 100 de Mercure et de 40 p. 100 γ-H. C. H. à 700-1000 g par quintal de graines.

La proportion de larves tuées par le traitement des semences est extrêmement difficile à évaluer. D'après LANGE, CARLSON et LEACH (1949), une poudre à 23 p. 100 de γ-H. C. H. utilisée à la dose de 250-500 g par quintal de graines détruit 70 à 95 p. 100 des larves situées à proximité des semences et 50 p. 100 en moyenne de la population du champ ; les téguments des graines traitées entraînent la mort des larves jusqu'à 4 mois après le semis.

Je n'ai pas eu la possibilité de procéder à des études systématiques en plein champ ; la mortalité varie dans des proportions considérables suivant l'espèce de plante traitée, la propreté du sol, les conditions climatiques au moment de la levée et la date du semis ; d'après les notations fragmentaires que j'ai pu faire sur des Céréales de printemps et des betteraves, elle ne semble pas excéder 35-40 p. 100 en moyenne, ce qui suffit cependant pour augmenter le rendement de la culture suivante de façon appréciable. JAMESON, THOMAS et TANNER (1951) ont observé que le rendement de l'Avoine non traitée était très fortement augmenté par rapport au témoin dans les parcelles ensemencées l'année précédente avec de l'Avoine enrobée avec du γ-H. C. H.

D. — Action d'un contact prolongé de l'insecticide avec la graine sur la faculté germinative

Les semences n'étant pas toujours utilisées l'année où a lieu le traitement, il était nécessaire d'étudier si l'enrobage des semences avec des insecticides n'était pas susceptible de diminuer la faculté germinative au bout d'un certain temps ; ce problème présente une grande importance pour les cultivateurs et surtout pour les marchands grainiers.

Dans ce but, une partie des graines qui avaient servi aux essais effectués en 1951 ont été conservées dans des bocaux à conserves hermétiquement fermés et placés dans un grenier ; les essais ont été faits en terrines au cours des années 1952, 1953 et 1954 avec le Blé et les glomérules, les graines segmentées et les graines enrobées de Betterave.

Essais sur Blé de printemps (Var. Fydgia). — Les expériences ont été faites au printemps des années 1952 et 1953 ; le tableau ci-dessus indique les pourcentages moyens de levée portant tous sur des graines récoltées en 1950.

Lot 1 :	Traitement le	22 mai 1951,	semis le	14 juin 1951
— 2	—	—	—	16 juillet 1951
— 3	—	—	—	16 août 1951
— 4	—	—	—	24 septembre 1951
— 5	—	18 janvier 1952	—	3 mai 1953
— 6	—	22 mai 1951	—	—

Les pourcentages moyens de germination sont indiqués sur le tableau XIV. On voit que le pourcentage de germination est constamment supérieur ou égal au témoin avec le sel de mercure additionné de 10 p. 100 de parathion ou de 25 p. 100 de dieldrine. C'est le mélange du sel de mercure et de 60 p. 100 d'isomère γ qui diminue le plus fortement la faculté germinative ; cette action se manifeste très rapidement.

TABLEAU XIV

Pourcentages de germination de Blé de printemps (Var. Fydgia) traité depuis 23 jours à 2 ans (temp. moy. 17°8.)

Produits utilisés	Lots					
	1	2	3	4	5	6
Témoin	96	97	95	94	93	91
1,5 % de mercure	99	98	97	96	95	91
1,5 % de mercure + 10 % parathion	99	99	98	97	94	93
1,5 % de mercure + 20 % γ-H.C.H.	97	99	98	98	92	89
1,5 % de mercure + 40 % γ-H.C.H.	97	99	97	91	89	88
40 % γ-H.C.H.	96	96	96	91	92	91
1,5 % de mercure + 60 % γ-H.C.H.	93	93	89	90	87	85
25 % aldrine	98	94	92	89	86	87
1,5 % mercure + 60 % aldrine	99	95	95	95	89	86
25 % dieldrine	98	98	98	99	89	90
1,5 % mercure + 50 % dieldrine	97	96	97	93	89	88

Les courbes des pourcentages de levée jusqu'au 7e jour pour les lots 4, 5 et 6 sont indiquées sur le graphique n° 13. Le silicate de méthoxyéthylmercure qui a accéléré nettement la germination dans les lots 1 et 2 n'a plus qu'une action très faible dans les lots 4 et 5 ; le pourcentage global reste supérieur au témoin lorsque le semis est fait jusqu'à 16 mois après le traitement. L'isomère γ à 60 p. 100 a une action retardatrice d'autant plus marquée qu'il a été plus longtemps au contact du grain ; à la concentration de 20 ou 40 p. 100, cet effet est pratiquement sans importance.

JAMESON, THOMAS et TANNER (1951) ont traité deux variétés de Blé, d'Avoine et d'Orge ayant une teneur en eau de 13,2 à 17,5 p. 100 avec des poudres renfermant 1 p. 100 de composé organo-mercurique et 0,20 ou 30 p. 100 de γ-H. C. H. à la dose de 160 g/hl. Les graines traitées ont été conservées pendant un an dans de petits sacs placés dans un bâtiment sec et aéré ; il n'a pas été constaté de diminution de la faculté germinative 12 mois après le traitement.

Essais sur Betterave. — Il est indiqué sur le graphique 14 les résultats des essais de germination effectués en novembre et décembre 1951 avec des glomérules, des graines segmentées et des graines enrobées traitées en avril 1951 (le thirame était à 50 p. 100 de M. A.).

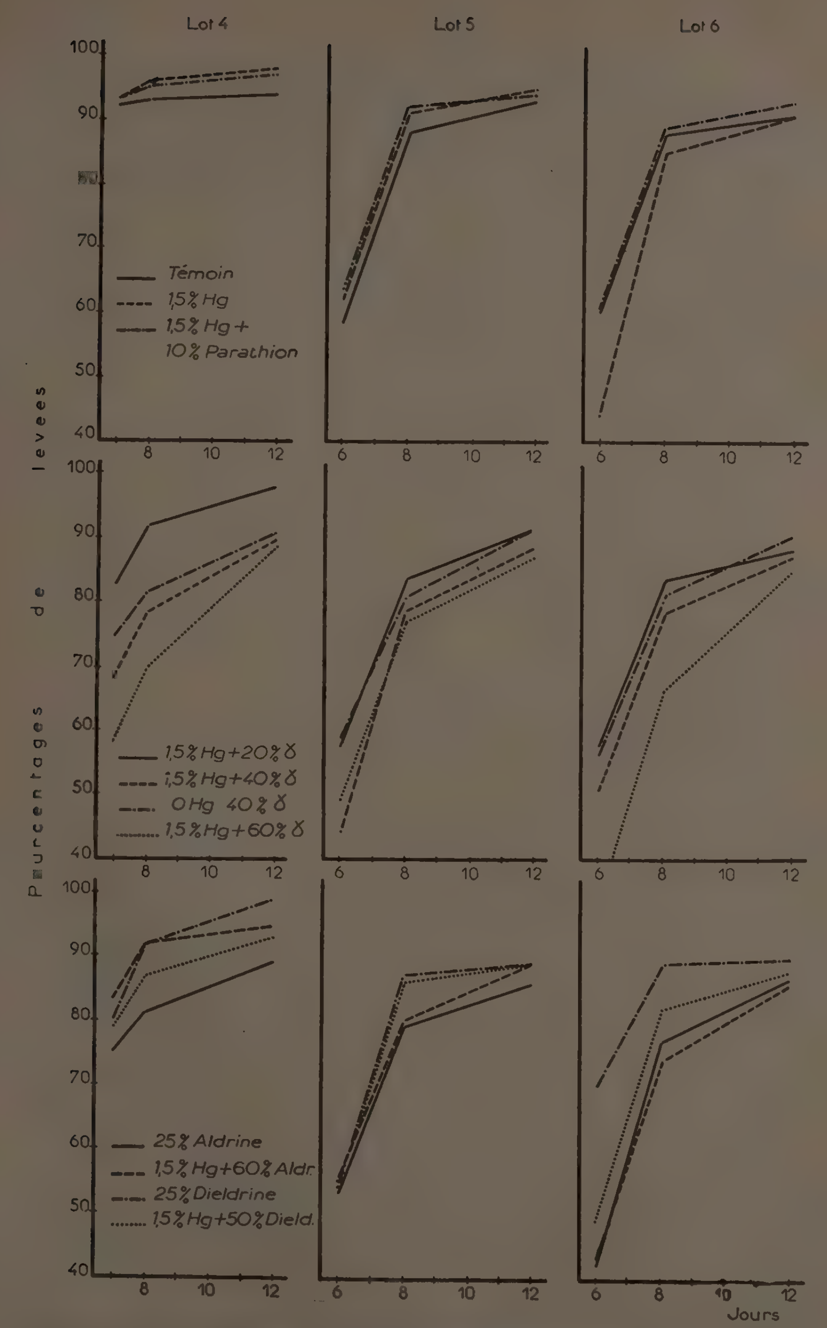


FIG. 13. — Courbes de pourcentages de levée du Blé Fydgia traité avec divers produits depuis 4 mois (lot 4), 16 mois (lot 5), 24 mois (lot 6).

Une partie des lots de graines (glomérules et graines segmentées traitées et utilisées dans les essais de plein champ d'avril 1951 ont été conservés dans de petits sacs de toile entreposés dans un local très sec ; ces graines ont été semées dans des terrines placées en serre le 25 avril, le 30 mai, le 22 juin, et le 25 août 1951, en mars 1952, en mars 1953, en

TABLEAU XV

Récapitulation des essais de germination, effectués en novembre et décembre 1954, de graines segmentées et de graines enrobées intérieurement traitées en avril 1951.

Produits essayés	Graines segmentées		Graines enrobées	
	Nombre de plantules	% mortalité	Nombre de plantules	% mortalité
Témoin	100	27	100	6
Thirame 50 %			98	4
Thirame 50 % + 3 % parathion			100	5
1,5 % mercure du silicate de M.	121	20	98	6
1,5 % mercure du silicate de M. + 10 % parathion	103	15	94	7
1,5 % mercure du silicate de M. + 20 % γ-H.C.H.	108	33	100	3
1,5 % mercure du silicate de M. + 40 % γ-H.C.H.	126	26	99	8
1,5 % mercure du silicate de M. + 60 % γ-H.C.H.	112	26	99	5
40 % γ-H.C.H.	96	28	96	8

novembre et décembre 1954 ; dans tous les cas, les glomérules ou les graines segmentées traitées avec 1,5 p. 100 de mercure du composé organomercuriel et 40 p. 100 de γ ont donné les nombres maxima de plantules ; par contre, avec les graines enrobées où le fongicide et l'insecticide étaient mélangés à la matière enrobante, les pourcentages de germination de graines traitées étaient tous inférieurs ou égaux au lot témoin. Un pourcentage important de mortalité dû à des affections cryptogamiques a été noté dans les trois semaines qui ont suivi la levée.

E. — Conclusions

Le traitement des semences par le mélange d'un fongicide et d'un insecticide constitue une technique de lutte extrêmement intéressante contre les larves de Taupin en raison de sa commodité et de son bas prix de revient, à la condition que la population larvaire soit inférieure à 500 000 larves/ha.

Les traitements par trempage dans une bouillie insecticide assurent une meilleure adhérence des produits antiparasitaires à la surface de la

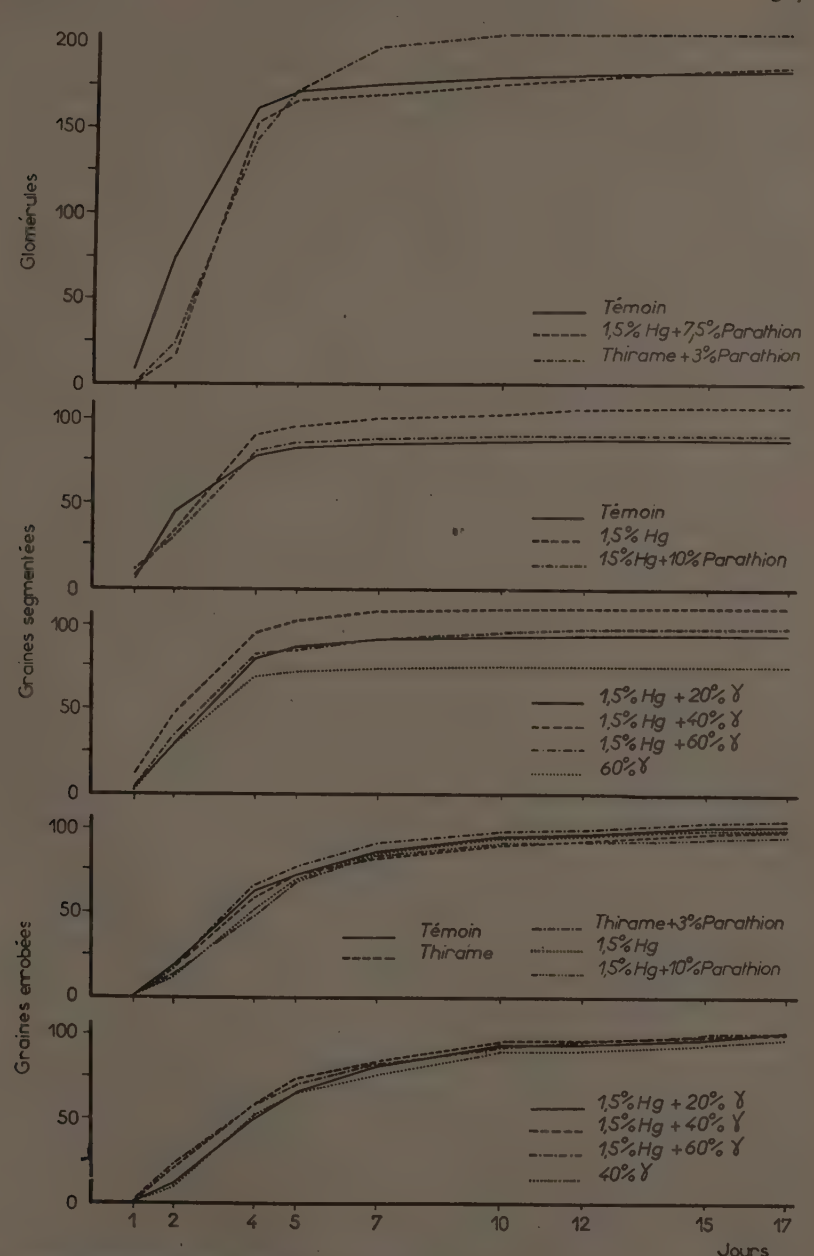


FIG. 14. — Courbes des levées de glomérules de Betterave, de graines segmentées et de graines enrobées intérieurement traitées en avril 1951 et semées en novembre-décembre 1951 dans des terrines placées en serre.

graine que les enrobages à sec, mais ils sont d'une réalisation difficile et ne peuvent être recommandés que pour le traitement des graines à surface lisse, de faible diamètre ou semées en petit nombre par hectare. Afin de réduire l'action phytocide, il est préférable d'employer des insecticides en suspension plutôt que des insecticides en émulsion, les solvants organiques ayant un effet toxique sur les plantes, l'adhérence des produits antiparasitaires pouvant être augmentée par l'addition à la bouillie d'une matière adhésive. En grande culture, il n'y a lieu de retenir que l'enrobage à sec.

Les insecticides les plus recommandables pour le moment sont : le lindane, le parathion, l'aldrine et la dieldrine.

La quantité optimum de poudre à utiliser par quintal de graines est de 200 g pour le Blé et l'Orge, de 300 g pour l'Avoine, de 700 à 800 g pour les glomérules et graines segmentées de Betterave ; en ce qui concerne le Maïs, on a intérêt à employer 300 à 400 g de poudre par quintal mais les variétés à graine arrondie retiennent difficilement plus de 200 g.

Le prix moyen par kg est de 2 250 fr pour les poudres renfermant 1,5 p. 100 de mercure et 20 p. 100 de lindane, de 3 300 fr pour les poudres à 50 p. 100 de thirame et 20 p. 100 de lindane, de 2 750 fr pour celles contenant 30 p. 100 de lindane, et de 730 fr pour celles à 10 p. 100 de parathion.

Dans nos essais comme dans ceux de la plupart des auteurs qui ont été cités précédemment, c'est le lindane qui donne les résultats les plus satisfaisants et les plus constants à la condition d'utiliser des produits commerciaux renfermant réellement le lindane, et non de l'H. C. H. à haute teneur en isomère γ, ainsi qu'une matière inerte très fine et fortement adhésive ; les essais comparatifs effectués en 1951 avec 5 produits commerciaux ont donné des résultats très différents.

La teneur en lindane des poudres la plus recommandable est de 25 à 30 p. 100 pour les Céréales et de 40 à 50 p. 100 pour les glomérules, les graines segmentées et les graines enrobées de Betterave ; dans ce dernier cas, il est préférable de placer le fongicide au contact direct de la graine et l'insecticide à la surface de la graine confectionnée.

Le traitement des graines du Maïs donne parfois des résultats décevants ; il semble que cela ait lieu principalement lorsque le semis a été fait trop profondément, ce qui facilite l'attaque de l'hypocotyle, et que les attaques de taupins se produisent lorsque la plante est bien développée ; d'une façon générale, les essais effectués par des cultivateurs, des coopératives agricoles ou des Centres d'expérimentation de la région parisienne concluent à une bonne efficacité de cette technique ; il est préférable d'employer des poudres à 30-40 p. 100 de lindane. En fait l'enrobage des semences assure indéniablement une bonne protection mais la persistance d'action est parfois insuffisante.

Le parathion est également recommandable à la condition que la teneur des poudres en M. A. ne soit pas inférieure à 10 p. 100 et que le traitement soit fait quelques jours avant le semis.

L'aldrine et la dieldrine sont à utiliser de préférence pour les graines très sensibles au lindane et la concentration en M. A. doit être de 25-50 p. 100.

Il n'y a pas d'inconvénient à conserver pendant 1 et même 2 ans des graines de Céréales ou de Betterave (glomérules, graines segmentées ou enrobées) traitées avec 20 à 40 p. 100 de lindane, 10 p. 100 de parathion, 25 p. 100 d'aldrine ou de dieldrine, sous la réserve que ces graines soient entreposées dans un local sec.

V. — TRAITEMENTS INSECTICIDES DIRIGÉS CONTRE LES ADULTES

Il a été relaté p. 336 les essais de destruction des adultes par la méthode des appâts-pièges constitués par des bottillons de Légumineuses ou de Graminées, les taupins étant capturés à la main ou empoisonnés par des insecticides répartis sur les pièges.

J'ai fait en 1947 des essais de laboratoire sur des adultes d'*Agriotes* avec divers insecticides et constaté que ces imagos étaient tués dans la proportion de 95 à 100 p. 100 par des poudrages ou des pulvérisations à base d'H. C. H., de parathion ou de D. D. T. Ces résultats m'ont conduit à envisager la lutte contre les taupins par des traitements dirigés contre les adultes se trouvant dans les Légumineuses fourragères appliqués avant le début de la ponte. On ne peut appliquer ces traitements directement sur les cultures, la masse du feuillage s'opposant à la pénétration de l'insecticide, et il est dangereux de répandre des substances toxiques sur des plantes qui seront récoltées 15 jours plus tard. Il est bien préférable de couper les Légumineuses un peu plus précocement et de faire le traitement immédiatement après l'enlèvement du fourrage. A ce moment les *Agriotes* et les nombreux Insectes (Négril, Apions, Phytonomes, Othiorrhynques) qui diminuent le rendement des Légumineuses de façon généralement insoupçonnée sont concentrés sur les quelques folioles qui subsistent à la base des plantes et sont aisément détruits avec 10 à 15 kg de poudre insecticide.

Afin de déterminer la date optimum du traitement pour la région parisienne, des bottillons de Luzerne et de Graminées ont été répartis en 1948 non pas sur des cultures de plantes sarclées ou de Céréales, mais sur une jeune Luzerne de la Station d'Amélioration des Plantes. Cela permettait de voir également si les bottillons étaient plus attractifs que la Luzerne sur pied. La Luzerne a été fauchée de place en place sur une surface de 1 m × 1 m et un bottillon de Luzerne ou de Graminées (princi-

palement Ray-Grass et Dactyle) était placé au centre ; des bottillons fraîchement coupés étaient apportés tous les cinq jours. Pour la Luzerne comme pour les Graminées, le maximum de captures a généralement eu lieu 3 à 5 jours après la mise en place des bottillons. Durant la semaine qui a suivi la sortie des Insectes, les Graminées ont été cinq fois plus attractives que la Luzerne (fig. 15) ; cela est dû en partie au fait que les bottillons de Luzerne se dessèchent plus rapidement que ceux de Graminées. Au début des relevés, la Luzerne sur pied était courte et la température élevée ; par la suite, la croissance de la Luzerne a donné un ombrage partiel aux bottillons ce qui a atténué les vitesses relatives de dessiccation des deux séries de plantes. Il est à remarquer que les captures ont été nettement plus faibles par temps pluvieux que par temps sec.

Afin d'être en mesure de déterminer à l'avance la date du début de la ponte en vue de la destruction des adultes, les femelles récoltées sur ces bottillons ont été disséquées tous les deux jours afin d'examiner l'état de développement des ovaires ; le 26 avril, les femelles d'*A. obscurus* avaient en moyenne une trentaine d'œufs bien developpés longs de 0,66 mm et larges de 0,30 mm. La figure 15 indique le nombre et la largeur moyenne des œufs des trois espèces pour la période du 20 mai au 12 juin 1948 ; la ponte a débuté pour les trois espèces entre le 28 mai et le 2 juin.

Après la coupe et l'enlèvement de la récolte qui ont eu lieu respectivement le 20 et le 22 mai, la luzernière a été divisée en deux parties ; dans l'une de celles-ci ont été placés des bottillons de Luzerne et de Graminées qui ont été saupoudrés de D. D. T., d'H. C. H. ou de parathion ; l'autre partie a été traitée en entier avec 15 kg d'H. C. H. à 8 p. 100 de MA. par ha. Le dénombrement des taupins adultes dans chacune des deux parties a permis de constater qu'il y avait beaucoup plus d'adultes tués par m² par le traitement général que par la méthode des bottillons. La parcelle étant large seulement de 30 m, les taupins se trouvant en bordure de la luzernière ont abandonné la parcelle pour se réfugier dans les cultures limitrophes qui leur assuraient un meilleur ombrage ; dans la zone centrale de la luzernière il y avait en moyenne 5 fois plus de cadavres d'*Agriotes* dans la partie ayant reçu un poudrage que dans celle des bottillons. Cette proportion s'est trouvée confirmée 3 ans plus tard par la numération des larves.

Une luzernière située à St-Just-en-Chaussée (Oise) dans une exploitation où les taupins étaient généralement très nuisibles, a été fauchée en entier le 25 mai 1948 et traitée avec de l'H. C. H. à 18 kg à l'ha après l'enlèvement de la récolte. Il n'a pas été constaté de dégâts de taupins sur les cultures suivantes.

Cette méthode présente donc l'avantage de ne nécessiter qu'une petite quantité d'insecticide et de détruire un grand nombre de phytophages ;

elle présente l'inconvénient d'obliger le cultivateur à couper la Légumineuse fourragère 10 à 15 jours avant la floraison et de rentrer rapidement la récolte, ce qui ne soulève pas de difficultés majeures, notamment s'il

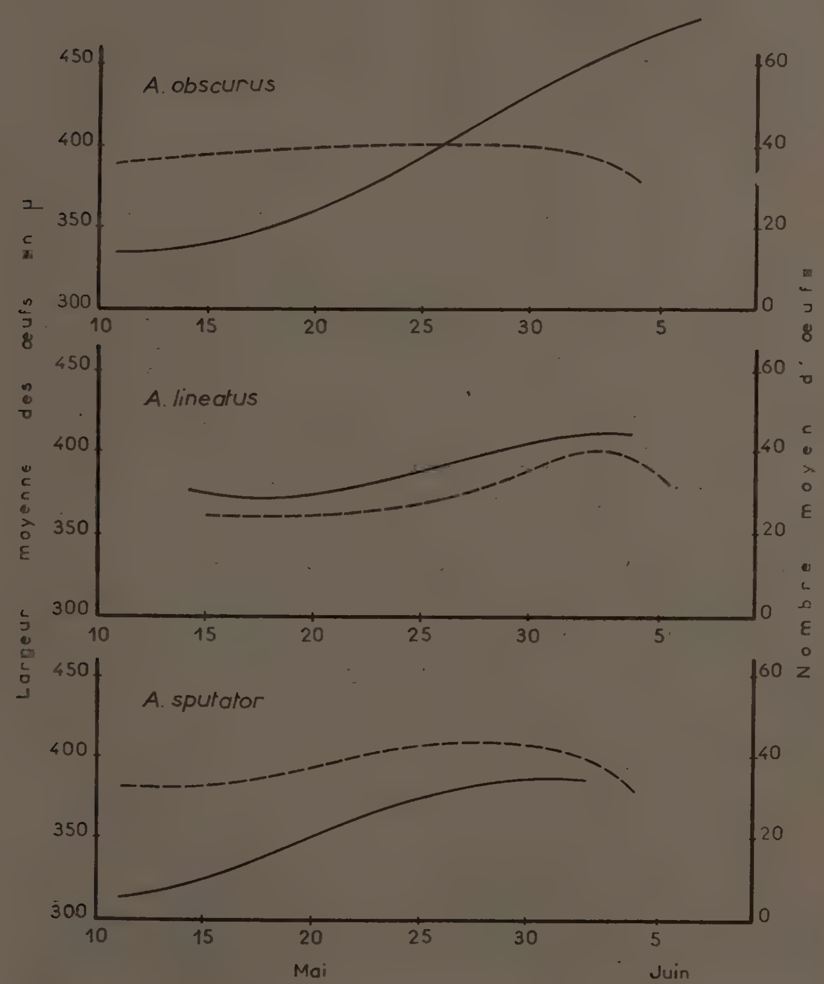


FIG. 15. — Largeur moyenne des œufs (en trait plein) et nombre d'œufs (en pointillé) chez les femelles d'*A. obscurus, A. lineatus,* et *A. sputator* du 10 mai au 5 juin 1948.

est procédé à l'ensilage. Elle ne peut cependant donner de bons résultats que sur des champs suffisamment grands par suite des déplacements (de l'ordre de 15 m) qu'effectuent les taupins vers les cultures voisines après la coupe et l'enlèvement du fourrage.

VI. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Il existe quatre méthodes de lutte contre les taupins, qui ne peuvent être opposées l'une à l'autre car elles s'emploient dans des conditions différentes ; elles sont soit uniquement préventives (traitements contre les adultes), soit curatives (traitement du sol), soit mixtes (méthodes culturales et traitement des semences).

1° Traitements contre les adultes

Nous avons vu qu'une certaine fraîcheur du sol était nécessaire pour qu'il y ait une faible mortalité des œufs ou des larves. Il est rare que toutes les terres d'une exploitation présentent les mêmes caractéristiques physiques et les dégâts de taupins ne se manifestent le plus souvent que sur les champs les plus frais. Il sera donc avantageux de ne pas ensemencer ces terres propices à la pullulation des taupins en plantes favorables à la ponte et au développement des premiers stades larvaires, c'est-à-dire en Légumineuses fourragères (Luzerne, Trèfle, Sainfoin).

Si cela n'est pas possible, ou si cette façon de faire entrave la rotation des cultures, on pourra avoir recours, dans les champs où les taupins sont généralement nuisibles, au traitement dirigé contre les adultes. Ces traitements seront faits en poudrage à la dose de 10-15 kg de produit commercial renfermant du D. D. T., de l'H. C. H., du lindane ou du parathion après la coupe et l'enlèvement de la Légumineuse. Pour la région parisienne, ce traitement doit être généralement effectué entre le 25 et le 28 mai ; il n'y a pas lieu de l'appliquer l'année où a eu lieu le semis de la Luzerne mais il sera nécessaire de le faire chacune des années suivantes si la culture est maintenue pendant plusieurs années.

2° Méthodes de lutte biologiques et culturales

Si l'on constate dans quelques champs la présence de larves de taupins, on pourra éviter ou réduire les dégâts de diverses façons.

Le Pois, le Haricot, le Lin peuvent supporter des populations très élevées, de l'ordre de 2 à 3 millions de larves/ha ; dans les sols ayant une population inférieure à 1 500 000 larves, on fera appel à des cultures de Crucifères (Colza, Navette, Moutarde, Chou etc.) ou de Sarrasin. Au-dessous de 750 000 larves, il pourra être ensemencé des Céréales d'hiver à une date variable suivant les conditions climatiques régionales ; le semis doit avoir lieu lorsque la température du sol, à 5 cm de profondeur, est suffisamment basse pour entraîner la migration des larves en profondeur il ne doit pas être exécuté trop tardivement afin que les plantes aient un

développement suffisant au moment des attaques printanières ; un apport d'azote dans la seconde quinzaine de février assurera généralement aux plantes une vigueur suffisante pour compenser par le tallage les lésions qu'entraînerait la présence des larves.

Les cultures de Pomme de terre, les semis de graines non traitées de Céréales de printemps et de Betterave ne sont à conseiller que dans les sols ayant moins de 500 000 larves ; l'augmentation de la densité du semis pour les Céréales et les betteraves permet d'atténuer les dégâts.

Les façons culturales superficielles diminuent de façon sensible la population larvaire lorsqu'elles sont exécutées en mars-avril ou août-septembre par des journées ensoleillées et sur des larves jeunes. La jachère travaillée constitue le moyen de lutte le plus efficace ; l'exécution de ces façons superficielles retarde les semis de printemps ou nécessite des déchaumages à une, et de préférence à deux reprises, après la récolte des Céréales, des Crucifères oléagineuses, ou des pommes de terre précoces. Il sera préférable d'utiliser des instruments travaillant énergiquement le sol sur une profondeur de 8-10 cm, c'est-à-dire les pulvériseurs à disques et les canadiens ; les houes bien réglées de manière à passer suffisamment près des plantes peuvent donner des résultats assez satisfaisants lorsqu'elles sont utilisées peu de temps après la levée.

3° Traitement du sol

Le traitement du sol permet de détruire 90 à 99 p. 100 de la population larvaire. Les produits insecticides qui sont actuellement les plus recommandables sont les suivants, les doses indiquées se rapportant à des populations larvaires très élevées (égales ou supérieures à 1 500 000 larves/ha) :

Le D. D. et le dibromure d'éthylène sont recommandables pour les terres renfermant des Nématodes et des taupins ; ils s'utilisent à la dose de 400 à 450 l/ha pour le D. D. et de 30 à 35 l/ha pour le dibromure d'éthylène (1) ; le prix élevé et les difficultés d'application de ces produits en limitent l'emploi aux cultures maraîchères ou florales.

L'H. C. H. à la dose de 10-12 kg/ha donne des résultats excellents et réguliers ; il est persistant et relativement peu coûteux, mais peut communiquer jusqu'à 4 ans après l'épandage un goût désagréable aux tubercules et racines.

Le lindane à 1,250-1,500 kg/ha a une action légèrement moins régulière que l'H. C. H. ; il est d'un prix assez élevé, peu persistant, et donne parfois un léger goût aux pommes de terre cultivées dans une terre traitée l'année de la plantation.

(1) Une action efficace contre les Nématodes ne peut être obtenue qu'à la dose de 100–150 l de dibromure d'éthylène à l'ha.

Le parathion à 7-9 kg/ha a une faible persistance d'action et doit être utilisé au printemps ; son prix est assez élevé et il ne communique pas de goût déplaisant. Il ne doit pas être employé avant des cultures consommées à l'état frais par suite de sa pénétration dans les plantes.

Le chlordane à 7-9 kg/ha a une rémanence d'au moins 2 ans ; il est assez coûteux et altère parfois la saveur des pommes de terre plantées l'année du traitement.

L'aldrine à 4-4,500 kg/ha est onéreux, mais il est efficace, a une persistance d'action d'au moins 2 ans, n'a pas d'action phytotoxique et ne donne généralement pas de mauvais goût aux tubercules plantés un an après le traitement ; son emploi est plus spécialement indiqué dans les cultures maraîchères et dans les régions où les plantes à tubercules ou à racines sont fréquemment cultivées.

Les doses indiquées ci-dessous pourront être diminuées de 30 p. 100 pour des sols légers ou des populations larvaires de 750 000 à 1 250 000 larves, de 40-50 p. 100 pour des populations inférieures à 750 000 larves.

L'épandage d'insecticide peut être envisagé dans la raie de plantation pour la Pomme de terre ou de semis pour le Maïs ; il est préférable d'employer un mélange d'insecticide et d'engrais afin d'être assuré d'une répartition suffisamment homogène. Dans ce cas, les insecticides les plus recommandables sont l'aldrine et le parathion.

Pour le Maïs, l'épandage à la main ou l'emploi de machines assurant une répartition régulière d'insecticide ou d'un mélange d'insecticide et d'engrais dans la raie constitue probablement la meilleure méthode de protection dans les cas où, comme dans le Sud-Ouest, il est d'usage de répartir l'engrais dans la raie ; les insecticides les plus intéressants à employer dans ce cas sont : l'aldrine, la dieldrine et le lindane. Une plus grande régularité de protection sera fournie par le traitement des semences ou l'épandage d'engrais et d'insecticide dans la raie combiné avec le traitement du sol à une dose plus faible que la normale.

4° Traitement des semences

Cette méthode de lutte ne peut être envisagée que pour la protection des Céréales de printemps, des Céréales d'hiver semées en octobre ou au début de novembre (ou plus tardivement dans les régions à climat maritime) ou des betteraves semées dans des terres ayant une population larvaire faible ou moyenne. On a intérêt à utiliser des mélanges de substances fongicides (sels organo-mercuriques, thirame et de produits insecticides). Le semis du Maïs sera fait à une faible profondeur afin de réduire les chances d'attaque directe de l'hypocotyle.

La quantité optimum de poudre mixte à employer par quintal

de graines est de 200 g pour le Blé et l'Orge, de 300 g pour l'Avoine, de 300-400 g pour le Maïs, de 700-800 g pour les glomérules et graines segmentées de Betterave. Les teneurs les plus recommandables de ces poudres en matière active sont, pour le lindane, de 25 à 30 p. 100 pour le Blé, l'Orge et l'Avoine, de 30-40 p. 100 pour le Maïs, de 40 à 50 p. 100 pour les glomérules et graines segmentées de Betterave, et de 10 p. 100 pour toutes les plantes en ce qui concerne le parathion. Il n'a pas été fait suffisamment d'essais avec l'aldrine ou la dieldrine pour pouvoir recommander l'emploi de ces insecticides.

Ce traitement agit par effet insectifuge et insecticide ; il ne semble pas qu'il détruise en moyenne plus de 35-40 p. 100 des larves et il est donc nécessaire de traiter chaque année les semences destinées à des champs renfermant des Taupins. L'efficacité de cette technique est étroitement liée à l'âge des larves ; elle est généralement bonne ou excellente lorsque les larves sont âgées de 1, 2 ou 3 ans, médiocre ou nulle lorsque les larves parviennent à la cinquième année de leur développement (8e âge).

Le traitement du sol a été très largement utilisé au cours de ces dernières années, et souvent avec succès. Aussi, les cultivateurs effectuent souvent un nouveau traitement dès qu'ils constatent la disparition de plantes à la levée et sans rechercher si cela est dû à l'attaque de taupins ou même d'animaux souterrains.

Le traitement du sol présente le grave inconvénient de détruire également la plupart des Invertébrés et notamment des Insectes qui se nymphosent ou hivernent dans le sol, ce qui peut entraîner de graves perturbations de l'équilibre biologique. La plupart de ces insecticides traversent l'épiderme des parties souterraines des plantes, s'accumulent dans les tubercules et les racines ou sont transportés dans les parties aériennes des plantes. L'homme et les animaux domestiques absorbent donc de petites quantités de ces substances dont l'action sur l'organisme est très mal connue ; ce problème est particulièrement grave pour les cultures maraîchères et les plantes-racines ou à tubercules.

Le traitement du sol ne doit donc pas être considéré comme une technique à laquelle il est nécessaire d'avoir recours à intervalles réguliers, mais seulement comme celle que l'on emploiera dans les cas où il ne sera pas possible d'utiliser les autres méthodes. Elle est à conseiller sur la défriche d'une prairie, permanente ou temporaire, d'une luzernière de plusieurs années et dans les régions à climat maritime (favorable à la pullulation des taupins) où la Pomme de terre est cultivée fréquemment ; dans ce dernier cas, le traitement devrait être fait non pas l'année de la plantation mais au moins un an avant celle-ci.

Dans les exploitations où une Légumineuse fourragère est cultivée régulièrement, et lorsque les dégâts de Taupin sont fréquents, il sera avan-

tageux d'incorporer au sol un insecticide à une dose égale à 30 à 50 p. 100 de celles qui ont été indiquées p. 365 peu de temps avant le semis de la Légumineuse ; cette quantité réduite d'insecticide sera suffisante pour entraîner la mort des larves néonates. Si la rotation ne prévoit la culture de plantes à racines ou à tubercules destinées à l'alimentation humaine ou animale que 4 ans après le semis de la Légumineuse, l'insecticide le plus recommandable est l'H. C. H. en raison de son faible prix et de son action excitatrice sur la croissance des Légumineuses.

Dans tous les autres cas, il sera préférable d'utiliser les méthodes de lutte mentionnées aux chapitres II, IV et V.

BIBLIOGRAPHIE

AGUILAR (J. d'). — Remarques sur le comportement des adultes d'*Agriotes*. *C. R. Acad. Sc.*, **226**, 756-758, 1948.

AGUILAR (J. d'). — Nouvelles remarques sur l'attraction des adultes d'*Agriotes* (Col. *Elateridae*) par des bottillons de diverses plantes. *VIII*e *Congrès Int. d'Ent.*, 334-336, 1948.

AGUILAR (J. d'). — Sur *Paracodrus apterogynus* HALL parasite des larves d'*Agriotes* en France. *Bull. Soc. Ent. France*, 154-155, 1949.

AGUILAR (J. d'). — Remarques sur l'action de l'H. C. H. sur diverses variétés de pommes de terre et de Pois. *Rev. Path. Végét. et d'Ent. Agric.*, 163-169, 1949.

AGUILAR (J. d'). — Nouvelles études sur le problème des Taupins en Bretagne. *C. R. Agr.*, 561-565, 1950.

AGUILAR (J. d'). — Remarques sur la persistance d'action toxique de l'hexachlorocyclohexane dans le sol. *C. R. Ac. Sc.*, 1352-1354, 1950.

AGUILAR (J. d'). — L'activité cinesthésique des imagos de certains *Agriotes* (Col. *Elateridae*). *IX*e *Cong. Int. Entom.*, Amsterdam, 465-471, 1951.

AGUILAR (J. d'). — La lutte chimique contre les Taupins en Bretagne (*Publication Fédération nationale producteurs plants pommes de terre*). 1 broch., 16 p., 1953.

AGUILAR (J. d') et GRISON (P.). — Premières études sur le problème des Taupins en Bretagne. *C. R. Ac. Agric.*, 261-267, 1948.

ALLEN (N.), WALKER (R. L.), FIFE (L. C.), CHISHOLM (R. D.), KOBLITSKY (L.), BULLOCK (J. F.), HODGE (C. R.) et HALL (E. E.). — Persistence of B. H. C., D. D. T. and Toxaphene in Soil and the Tolerances of certain crops to their residues. *Tech. Bull. n° 1090. U. S. Dep. of Agric.*, 19 p., 1954.

ANGLADE (P.). — Sur l'altération de saveur des Pommes de terre provoquée par le traitement du sol au moyen de divers insecticides. *Rev. Zool. Agric. et appliquée*, 29-32, 1952.

ANGLADE (P.). — Répercussions des enrobages insecticides à sec sur la germination et le début de la croissance du Maïs (*Phytiatrie-Phytopharmacie*, 23-28, 1952.

ANGLADE (P.) et BERJON (J.). — Inefficacité du traitement des semences vis-à-vis des Taupins nuisibles au Maïs dans le Sud-Ouest et procédés de lutte contre ces insectes. *C. R. Ac. Agric.*, 201-206, 1953.

APPLEMAN (M. D.) and SEARS (O. H.). — Effect of D. D. T. upon nodulation of legumes. *Journ. American Society of Agronomy*, 545-550, 1946.

ARCANIN (B.). — Essais sur l'efficacité de certains produits pour combattre les Taupins. *Plant protection*, Belgrade, 35-48, 1950.

BALACHOWSKY (A.) et MESNIL (L.). — Les insectes nuisibles aux plantes cultivées, 2 vol. 1921 p. Paris, Busson édit., 1935-1936.

BARBIER (R.). — Préculture et culture dérobée des Pommes de terre. *C. R. Ac. Agric.*, 79-84, 1954.
BEGG (J. A.). — Residual control of Wireworms in flue-cured tobacco. *Ann. Report of Ent. Soc.* Ontario, 1954.
BLUNCK (Dr H.). — Lebensweise und Bekämpfung der Drahtwürmer. *Biol. Bunk. Braunschweig*, Flugblatt C6, 1 Auf. 6 p., 1951.
BOBINSKAYA (S. G.). — The Causes of the Resistance to B. H. C. of certain noxious Soil-inhabiting Larvae. *Dokl. vsesoyuz. Akad. sel.-khoz. Nauk Lenina*, 18, no 2, 30-33, 1953. *R. A. E.*, 385-386, 1953.
BONNEMAISON (L.). — Remarques sur l'utilisation des composés organiques de synthèse. *Agriculture*, 187-189, 1947.
BONNEMAISON (L.). — Essais préliminaires de traitements contre les Taupins. *C. R. Ac. Agric.*, 556-559, 1947.
BONNEMAISON (L.). — *a*) Sur une nouvelle méthode de lutte chimique à appliquer contre les Taupins. *C. R. Acad. Agric.*, 174-176, 1948.
BONNEMAISON (L.). — *b*) Les parasites animaux de la Betterave (*Cahiers Inst. tech. Français de la Betterave Industrielle*, Cahier no 4, 58 p., 1948.
BONNEMAISON (L.). — *c*) Diverses méthodes de lutte à appliquer contre les Taupins. Etat actuel de la question. (Les Taupins dans les Cultures de pommes de terre de semences). *Broch. Féd. prod. plants de pomme de terre*, 15 p., 1948.
BONNEMAISON (L.). — *d*) Les Taupins : biologie et méthodes de lutte. *Agriculture*, 287-291 et 321-325, 1948.
BONNEMAISON (L.). — *e*) La lutte contre les Taupins. *VIIIe Congrès Int. d'Entomologie*, Stockholm, 870-877, 1948.
BONNEMAISON (L.). — *f*) Lutte chimique contre les larves d'Elateridae. *Rev. Path. vég. et d'Ent. Agric.*, 254-261, 1948.
BONNEMAISON (L.). — La lutte chimique contre les Taupins. *La pomme de terre française*, 7-13, 1949.
BONNEMAISON (L.). — Traitements du sol et des semences contre les Taupins. *C. R. Ac. Agric.*, 522-524, 1949.
BONNEMAISON (L.). — La protection des plantes contre les Taupins. *Déf. Vég.*, **6**, 23-25, 1950.
BONNEMAISON (L.). — Essais de traitements du sol et des semences contre les larves de Taupins. *C. R. Ac. Agric.*, 164-167, 1952.
BONNEMAISON (L.). — Produits insecticides utilisés pour le traitement des semences de Betteraves et de Céréales contre les Insectes souterrains. *IIIe Congrès Int. Phytopharmacie*, Paris 216-220, 1952.
BONNEMAISON (L.) et JOURDHEUIL (P.). — Influence de divers insecticides sur la germination et la croissance de quelques plantes cultivées. *Parasitica*, 81-109, 1951.
BONNEMAISON (L.) et MISSONNIER (J.). — Traitement du sol contre les larves de Taupins. *C. R. Ac. Agric.*, 655-657, 1949.
BOURNE (B. A.). — Effects of Benzene Hexachloride and Chlordane on the germination of Sugar cane Cuttings. *Sug. J.* 10, 3-4, 1948. *R.A.E.*, 492, 1950.
BRIAN (M. V.). — On the ecology of beetles of the genus *Agriotes* with special reference to *A. obscurus*. *Journ of animal Ecology*, 210-223, 1947.
BROADBENT (L.). — Note on the Effect of Wireworms of the genera *Agriotes* and *Corymbites* on Crop Yields. *Ann. appl. Biol.*, **33**, 166-169, 1946.
BROOKS (J. W.) and ANDERSON (L. D.). — Toxicity tests of some new insecticides. *Journ. Econ. Ent.*, **40**, 220-228, 1947.
BURNET (I. M.) and HOMES (E.). — Gammexane as an Agricultural insecticide. *Compte-rendu du Ier Congrès de Phytopharmacie*, Héverlée 295-304, 1946.
BYNUM (E. D.), INGRAM (J. W.) and CHARPENTIER (L. J.). — Control of Wireworms attacking Sugar cane in Louisiana. *Journ. Econ. Ent.*, **42**, 556-557, 1949.

CAMPBELL (R. E.). — Preliminary report on the use of calcium cyanide as a soil fumigant for wireworms. *Journ. Econ. Ent.*, **17**, 562-567, 1924.
CAMPBELL (R. E.). — The concentration of wireworms by baits before soil fumigation with calcium cyanide. *Journ. Econ. Ent.*, **49**, 636-642, 1926.
CAMPBELL (R. E.). — Dichloroethyl ether for protecting melon plants from wireworms. *Journ. Econ. Ent.*, **35**, 26-30, 1942.
CAMPBELL and STONE. — The effect of sulphur on wireworms. *Journ. Econ. Ent.*, **25**, p. 967-970, 1932.
CAMPBELL and STONE (N. W.). — Dichloroethyl ether for wireworm control. *Journ. Econ. Ent.*, **30**, 212-213, 1937.
CARLO (C. P.), ASHDOWN (D.) and HELLER (V. G.). — The persistence of Parathion, Toxaphene and Methoxychlor in Soil. *Oklahoma Agric. Exp. Stat, Techn. Bull.*, T. **42**, 11 p., 1952.
CARNE (P. B.). — Persistence of D. D. T. in the Soil. *Nature*, vol. 162, 743, 1948.
CARTER (W.). — Soil treatments with special Reference to Fumigation with D. D. mixture. *Journ. Econ. Ent.*, **38**, 1945.
CHABOUSSOU (F.), ANGLADE (P.) et BERJON (J.). — Essais de désinfection du sol contre les larves de Taupins nuisibles au Maïs dans le Sud-Ouest. *C. R. Ac. Agric.*, 39-42, 1951.
CHISHOLM (R. D.), KOBLITSKY (L.), FAHEY (J. E.) and WESTLAKE (W. E.). — D. D. T. Residues in Soil. *J. Econ. Ent.*, **43**, 941-942, 1950.
CLAUSEN (R.) et GUNTHART (E.). — Essais de lutte contre le ver blanc avec l'hexachlorocyclohexane. *C. R. du 1er Congrès. Int. de Phytopharmacie*, Héverlée, 289-293, 1946.
COCKBILL (G. F.), HENDERSON (V. E.), ROSS (D. M.) and STAPLEY (J. H.). — Wireworm populations in relation to crop production. I. — A large scale flotation method for extracting wireworms from soil samples and results from a survey of 600 fields. *Ann. appl. Biol.*, **32**, 148-163, 1945.
COCKBILL (G. F.), ROSS (D. M.) and STAPLEY (J. H.). — Wireworm populations in relation to crop production. III. — Population changes after summer ploughing. *Ann. app. Biol.*, **34**, 83-103, 1947.
COHEN (M.). — Observations on the Biology of *Agriotes obscurus* L. I. — The adult Insect. *Ann. appl. Biol.*, **29**, 181-195, 1942.
COMSTOCK (H.) and SLINGERLAND (M. V.). — Wireworms. *Bull. Cornell Agric. Exp. Sta.*, nº 33, Rep. 4, 1891, 1892.
COUTURIER (A.) et ANTOINE (F.). — Pouvoir de rémanence dans le sol de l'action insecticide du H. C. H. et du S. P. C. vis-à-vis des Vers blancs. *C. R. Acad. Agric.*, 108-110, 1950.
COX (H. C.) and LILLY (J. H.). — Effects of aldrin and dieldrin on Germination and early Growth of Field Crop seeds. *Journ. Econ. Ent.*, **45**, 421-428, 1952.
CULLINAN (F. P.). — Some new Insecticides, their Effect on Plants and Soils. *Journ. Econ. Ent.*, **42**, 387-391, 1949.
DESHUSSES (L. A.). — Les nitrites, poisons du sol. *Revue Romande d'Agric. de Vit. et Arboric.*, **5**, 33-34, 1949.
DETROUX (L.). — La désinsectisation du sol et la transmission d'une saveur désagréable aux cultures de pommes de terre. *Parasitica*, 40-43, 1952.
DOGGER (J. R.) and LILLY (J. H.). — Seed Treatment as a Mean of Reducing Wireworm Damage to corn. *Journ. Econ. Ent.*, **42**, 663-665, 1949.
DROUINEAU (G.), GOUNY (P.) et LAHAYE (Th.). — Les possibilités du D. D. T. et de l'hexachlorocyclohexane dans les sols. *C. R. Ac. Agric.*, 203-204, 1947.
DUFFIELD (P. C.). — Combination Insecticide. Fungicide Seed Treatments for Corn. *Journ. Econ. Ent.*, **47**, 672-74, 1952.
DUPIRE (A.) et RAUCOURT (M.). — Un insecticide nouveau, l'hexachlorure de benzène. *C. R. Acad. Agric.*, 470-472, 1943.
EHRENHARDT (H.). — Untersuchungen über den Einfluss von Hexachlor-

cyclohexan auf die Keimung von Samen und das Wachstum der Pflanzen. *Mitteill. Biol. Zentral.*, Berlin, 93-95, 1951.

ERNOULD (L.). — Le traitement de la graine de betterave à l'hexachlorocyclohexane en vue de lutter contre le Taupin. *Publ. Inst. Belge Amel. Bett.*, Tirlemont, **3**, p. 45, 1949.

ERNOULD (L.). — Le traitement de la graine de betterave contre les larves de Taupins. Recherches préliminaires. *Publ. Inst. Belge Am. Bett.*, Tirlemont, 95-106, 1950.

ERNOULD (L.). — Traitements de la graine de Betterave contre les larves de Taupins. *Publ. Inst. Belge Am. Bett.*, 1951.

EVANS (A. C.). — Observations on the biology and physiology of wireworms of the genus *Agriotes* Esch. *Ann. appl. Biol.*, **31**, 235-250, 1944.

EVANS (A. C.) and GOUGH (H. C.). — Observations on some factors influencing growth in wireworms of the genus *Agriotes* Esch. *Ann. appl. Biol.*, **29**, 168-175, 1942.

FABER (W.). — Versuche zur Drahtwurmbekämpfung durch Saatgutbeizung mit Hexamitteln. *Pflanzenschutz Ber.*, **6**, 17-26, 1951.

FARRAR (M. D.). — The granulated type insecticide for soil treatment. *Journ. Econ. Ent.*, **46**, 377-79, 1953.

FLECK (E. E.). — Residual Action of Organic Insecticides. *Industrial and Engineering chemistry*, **4**, 706-708, 1948.

FLEMING (W. E.) and MAINES (W. W.). — Persistence of D. D. T. in Soils of the Area infested by the Japanese Beetle. *Journ. Econ. Ent.*, **46**, 445-449, 1953.

FLEMING (W. E.) and MAINES (W. W.). — Persistence of Chlordane in Soils infested by the Japanese Beetle. *Journ. Econ. Ent.*, **47**, 165-169, 1954.

FLUKE (C. L.) and DEVER (D. A.). — Soil Applications of Insecticides to Control Plum Curculio. *Journ. Econ. Ent.*, **47**, 1115-1117, 1954.

FOX (C. J.). — Tentative recommandations for the use of benzene hexachloride in the control of wireworms in tobacco soils. *Division of Entomology Processed Publication*, nº 74, 1948.

GARCIA-TEJERO (F. D.). — Los « Gusanos de Alambre » Elateridos de interes agricolea. *Boletin de patologia vegetal y Entomologia agricola*, 119-156, 1948-1949.

GAVAUDAN (P.) et GAVAUDAN (N.). — Action sur la Caryocinèse, la Cytodiérèse et la morphogénèse des végétaux de quelques dérivés d'hydrocarbures cycliques. Rôle de la constitution chimique et des propriétés physiques.*C. R. Soc. Biol.*, **133**, 348, 1940.

GHILAROV (M. S.). — Ueber die Lokalisation der Schellkäfer *Agriotes lineatus* L. und *A. obscurus* L. während der Eiablagperiode and den Fruchtfolgefeldern. *C. R. acad. Sci.* U. R. S. S., **31**, 725-728, 1941.

GINSBURG (J. M. FILMER (R. S.) et REED (S. P.). — Longevity of Parathion D. D. T. and Dichlorodiphenyl Dichloroethane Residues on Field and Vegetable Crops. *Journ. Econ. Ent.*, **43**, 90-94, 1950.

GISQUET (P.) et QUIDET (P.). — Emploi des insecticides de synthèse contre les parasites du tabac (D. D. T., H. C. H., S. P. C.). *C. R. Ac. Agriculture*, 134-140, 1948.

GOLIGHTHY (W. H.). — Modern insecticides and their use against wireworms. *Nature*, **158**, 448, 1946.

GOUGH (H. C.). — Laboratory and field expériments on the control of wireworms. *Ann. app. Biol.*, **29**, 280-289, 1942.

GOUGH (H. C.). — A Review of the Literature on soil Insecticides, 161 p. *Imp. Inst. Ent.*, London, 1945.

GOUGH (H. C.) and EVANS (A. C.). — Some notes on the biology of the click bettles (*Agriotes obscurus* L. et *A. sputator* L.). *Ann appl. Biol.*, **29**, 275-279, 1942.

GREENWOOD (D. E.). — Benzene hexachloride and Wireworm control. *Journ. Econ. Ent.*, **40**, 724-727, 1947.

GREENWOOD (D. E.). — Wireworm control on white potatoes. *The vegetable growers news*, **7**, 4, 1953.

GRIFFIN (J. A.) and EDEN (W. G.). — Control of the Gulf wireworm in sweet potatoes in Alabama. *J. Econ. Ent.*, **46**, 948-951, 1953.

GRIGOR'EVA (T. G.). — The action of Hexachlorane introduced into the soil on the soil Fauna. *Dokl. vsesoyuz Akad. sel Khoz. Nauk Lenina*, **17**, 16-20, 1952, *R. A. E.*, 336, 1953.

GUÉNIAT (E.). — Contribution à l'étude du développement et de la morphologie de quelques Élatérides, *Mitt. Schweiz Ent. ges. Bern.*, **16**, 167-298, 1934.

GUNTHART (E.). — Hexa und Chlordan Präparate zur Bekämpfung von Wurzerschädlingen. *Mitteil. Schw. Ent. Ges.*, 245-264, 1950.

GUNTHART (E.). — Insektizide Saatschutzmittel zur Bekämpfung von Wurzelschädlingen. *Trans. 9 th. Intern. Congr. of Entomol.*, Amsterdam, 1059-1061, 1951.

GUNTHART (E.), MUHLETHALER (P.) und ORNIG (H.). — Hexahaltige Saatschutzmittel zur Verhütung von Drahtwurmschäden und zur Draht wurmbekämpfung. *Mitt. Biol. Zentralanst. Land. Forstw.*, **70**, 113-116, 1951.

GUTHRIE (F. E.). — Effect of temperature on toxicity of certain organic insecticides. *Journ. Econ. Ent.*, **43**, 559-560, 1950.

GUYOT (L.). — Quelques observations sur les Taupins. (*Revue Pathol. végét. et d'Entom. Agric.*, 207-212, 1930.

HEADLEE (T. J.). — The effect of pyrethrum extract on wireworms and upon plants infested by them. *Journ. Econ. Ent.*, **23**, p. 251-259, 1930.

HEBERT (J.). — Le sort des antiparasitaires dans le sol et leurs effets secondaires. *Ann. de l'I. N. R. A.*, série A, 127-143, 1951.

HEIDENREICH (E.). — Biologische Untersuchungen zur Wirkungsweise von Hexachlorocyclohexan. *Mitt. Biol. Zentralanst. Land. Forstwit*, **70**, 87-89., 1951

HOCKING (B.). — Effect of crude benzene hexachloride on wheat seedlings. *Nature*, **163**, 731, 1949.

HOCKING (B.). — On the effect of crude Benzene Hexachloride on Cereal Seedlings. *Sci. Agric.*, 183-193, 1950.

HOPKINS (H. T.). — Inhibition of growth by Benzene Hexachloride isomers and protective effect of glucose as measured by cell counting technique. *Plant Physiol.*, XXVII, 526-540, 1952.

HORBER (E.). — Versuche zur Bekämpfung von Drahtwürmern mit Hexachlorocyclohexanproduktion. *Schweiz. Landw. Mh*, 172-176, 1948.

HORSFALL (J. L.). — Possibilities of granular calcium cyanide as a control measure for wireworms. *Journ. Econ. Ent.*, **17**, 160, 1924.

HORSFALL (J. L.) and THOMAS (C. E.). — A preliminary report on the control of wireworms on truck crops. *Journ. Econ. Ent.*, **19**, 181-185.

HYSLOP (J. A.). — Soil fumigation. *Journ. Econ. Ent.*, **7**, 305-312, 1914.

JAMESON (H. R.) and PEACOCK (F. C.). — The persistence of Crude benzene Hexachloride in the soil. *J. Sci. Food Agric.*, **3**, 78-82, 1952.

JAMESON (H. R.) and PEACOCK (F. C.). — Taint in potatoes grown on land treated with technical gamma-benzene hexachloride or pure gamma benzene hexachloride. *J. Sci. Food and Agric.*, IV, 2, 102-104, 1953.

JAMESON (H. R.) and TANNER (C. C.). — Taint in potatoes grown on band treated with crude benzene hexachloride against wireworms. *S. Sci. Food Agric.*, **11**, 14, 171-175, 1951.

JAMESON (H. R.), THOMAS (F. J. D.) and WOODWARD (R. C.). — The practical control for Wireworm by gamma benzene hexachloride-Comparisons with dichlorodiphenyltrichloroethane D. D. T. *Ann. appl. Biol.*, **34**, 346-356, 1947.

JAMESON (H. R.), THOMAS (F. J. D.) and TANNER (C. C.). — The control of wireworm by gamma benzene hexachloride : the development of a seed dressing for cereals. *Ann. appl. Biol.*, **38**, 121-134, 1951.

JARY (S. G.). — Wireworms and crop production. *Ann. appl. Biol.*, **29**, 150-155, 1942.

JONES (F. G. W.). — The assessment of injury by seedling pests of sugar beet. *Ann. appl. Biol.*, **40**, 606-607, 1953.

JONES (F. G. W.) and HUMPHRIES (K. P.). — The use of seed dressings containing γ-BHC, in the establishment of sugar-beet seedlings. *Ann. appl. Biol.*, **41**, 562-577, 1954.

JONES (E.W.) annd SHIRCK (F.H.). — The seasonal vertical distribution of wireworms in relation to their control in the Pacific northwest. *Jour. Agric. Research*, 125-142, 1942.

KASTING (R.) and WOODWARD (J. C.). — Persistance and toxicity of Parathion when added to the soil. *Sci. Agric.*, **31**, 133-138, 1951.

KLOSTERMEYER (E. C.) and ROSMUSSEN (W. B.). — The effect of soil insecticide treatments on mite population and damage. *Journ. Econ. Ent.* **46**, 910-912, 1953.

KASTOFF (D.). — Atypical Growth, Abnormal Mitosis, Polyploidy and chromosome Fragmentation Induced by Hexachlorocyclohexane. *Nature*, 845-846, 1948.

KULASH (W. M.). — Soil Treatment for Wireworms and Cutworms. *Journ. Econ. Ent.*, 851-854, 1947.

KULASH (W. M.). — Insecticidally treated seed for wireworm control (*Melanotus communis*). *Journ. Econ. Ent.*, **46**, 433-445, 1953.

KULASH (W. M.). — Grower Trials for Control of Wireworms attacking Corn. *Journ. Econ. Ent.*, **47**, 863-866, 1954.

LANE (M. C.) and GIBSON (K.E.). — Carbon disulphide as a control for Wireworms. *Journ. Econ. Ent.*, **25**, 958, 1932.

LANE (M. G.) and STONE (M. W.). — Wireworms and their control on irrigated lands. *Farmers'Bull.*, 1866, 19, 1954.

LANGE (W. H.). — Ethylene Dibromide and Dichloropropane-dichloropropene Mixture for Wireworm Control. *Journ. Econ. Ent.*, **38**, 643-6,45 1945.

LANGE (W. H.). — New developments in soil insecticides. *Agric. chemicals*, **20**, 29-33, 68-69, 1947.

LANGE (W. H.), CARLSON (E. C.) and LEACH (L. D.). — *a*) Seed treatments for Wireworm control with particular reference to the use of Lindane. *Journ. Econ. Ent.*, **42**, 942-955, 1949.

LANGE (W. H.), CARLSON (E. C.) and LEACH (L. D.). — *b*) Wireworms in lima beans controlled with high gamme benzene hexachloride seed treatment. *Calif. Agric.*, **3**, 10, 1949.

LANGENBUCH (R.). — Beiträge zur Kenntnis der biologie von *Agriotes lineatus* und *Agriotes obscurus* L. *Zeitsch. Angew. Ent.*, **19**, 278-300, 1932.

LANGENBUCH (R.). — Beiträge zur Kenntnis der Biologie von *Agriotes lineatus* und *Agriotes obscurus* L. *Zeitsch. Angew. Ent.*, **20**, 296-306, 1933.

LANGENBUCH (R.) and SUBKLEW (W.). — Zur Frage der Drahtwurmbekämpfung mit Kalisalzen. *Nachr. Bl. Dtsch. Pflschdienst.*, **14**, 21, 1934.

LEACH (B. R.). — Experiments with certain Arsenates as soil insecticides. *Journ. Agric. Research*, 1-8, 1926.

LEES (A. D.). — On the behaviour of Wireworms of the genus *Agriotes* Esch. *J. Exp. Biol.*, **20**, 42-60, 1943.

LEHMAN (R. S.). — Laboratory experiments with various fumigants against the wireworm *Limonius califormiens* Mann. *Journ. Econ. Ent.*, **26**, 1042-1051, 1933.

LEHMAN (R. S.). — Laboratory Tests of organic Fumigants for wireworms. *Journ. Econ. Ent.*, **35**, 659-661, 1942.

LEPPER (B. B.). — Dichloroethylether for Wireworm control. *Journ. Econ. Ent.*, **33**, 280-282, 1940.
LHOSTE (J.) et RAVAULT (L.). — Effets sur Blé et pois de quelques insecticides organiques de synthèse, employés comme désinfectants du sol. *Rev. hort.*, 287-293, 1948.
LINCOLN (C. G.), SCHWARDT (H. H.) and PALM (C. E.). — Methylbromide-Dichloroethyl Ether Emulsion as a Soil Fumigant. *Journ. Econ. Ent.*, **35**, 238-239, 1942.
LIVINGSTONE (E. M.), EASTER (S. S.) and SWANK (G. R.). — Methyl Bromide in aqueous Solution to control *Pantomorus lencoloma* and *P. peregrinus*. *Journ. Econ. Ent.*, **33**, 531-533, 1940.
LIVINGSTONE (E. M.) and SWANK (G. R.). — Fumigation of small Land Areas for control of White-fringed Beetles. *Journ. Econ. Ent.*, **35**, 919-922, 1942.
MCDOUGALL (W. A.). — Investigations in the control of Wireworms (*Lacon variabilis* CAND) in Canefields with Gammexane. *Qd J. Agric. Sci.*, 140-150, 1947.
MCLEOD (W. S.). — *a*) Hexachlorocyclohexane in the control of the onion maggot. *Journ. Econ. Ent.*, **39**, 631-637, 1946.
MCLEOD (W. S.). — *b*) Effect of Hexachlorocyclohexane on onion seedlings. *Journ. Econ. Ent.*, **39**, 815, 1946.
MACLEOD (G. F.) and RAWLINS (W. A.). — Insect and other injuries to potato tubers. *Cornell Expt Sta. Ithaca N-Y-Bull.*, 569-14, 1933).
MAERCKS (H.). — Versuche über Drahtwurmbekämpfung durch Saatgutbehandlung. *Nachrbl. Biol. Zentralanst-Braunschweig*, 127-129, 1949.
MAMMELLE (Th.). — Sur l'emploi du cyanure de potassium comme insecticide souterrain. *C. R. Acad. Sc.*, 150, 50, 1910.
MASAITIS (A. I.). — Data on the Fauna and Biology of Elaterids in Siberia. *Izv. Sibirsk. Kraev. Stantz. Zashch. Rast.*, 1-41, 1929, *R. A. E.*, 48, 1930.
MAYER (A.). — Wachstumsbeeinflussungen durch die Reinisomere des Hexachlorocyclohexan. *Biolog. Zentral. Land Forstwirts.* **70**, 98-103, 1951.
MESNIL (L.). — Nos connaissances actuelles sur les Élatérides nuisibles en France. *Revue Ent. Path. Vég. et d'Ent. Agricol.*, 178-204, 1930.
MELTZER (J.). — Seed dressings with B. H. C. and Lindane. *Trans. IXth Intern. Cong. of Entomol. Amsterdam*, 987-994, 1951.
MERRIL (L.G.). — Reduction of Wireworm Damage to Potatoes. *Journ. Econ. Entomology*, **45**, 548-549, 1952.
MICHEL (E.). — Action insecticide de divers produits de synthèse vis-à-vis du « ver jaune » et du « ver gris ». *Ann. Inst. Exp. Tabac*, Bergerac, **1**, 93-112, 1950.
MICHEL (E.). — Lutte contre le ver jaune. Influence du H. C. H. sur le rendement en poids. *Ann. Inst. Exp. Tabac Bergerac*, **2**, 163-167, 1951.
MICHEL (E.). — Emploi des insecticides de synthèse contre le ver jaune et le ver gris. Résultats des essais de 1951-1952. *Ann. Inst. Expt. Tabac*, Bergerac, **4**, 129-146, 1953.
MILES (H. W.) and MILES (M.). — Changes in wireworm population associated with cropping. *Ann. appl. Biol.*, 235-236, 1945.
MILES and PETHERBRIDGE. — Investigations on the control of wireworms. *Ann. appl. Biol.*, **14**, 359, 1927.
MORGAN (S. R.) and LYONS (T.). — Refined B. H. C. for Wireworm in tomato, no off. flavor. *Agr. Chem.*, **5**, 31-33, 81, 1950.
MORRISON (F. A.). — The toxicity of Hexachlorocyclohexane to certain microorganisms, earthworms and arthropods. *Ann. Rept. Entom. Soc. Ontario*, 50-57, 1949.
MORRISON (F. O.). — Effect of soil Treatment with BHC and lindane on Barley Yields. *Journ. Econ. Ent.*, **46**, 173-174, 1953.
MORRISON (H. E.) and CROWELL (H. H.). — Soil Insecticide Studies in Oregon. *Journ. Econ. Entom.*, **45**, 1002-1010, 1952.

MORRISON (H. E.), CROWELL (H. H.), CRUMB (S. E.) and LANDERDALE (R. W.). — The effects of certain new soil insecticides on plants. *Journ. Econ. Ent.*, **41**, 374-378, 1948.

NETTLES (W. C.) and LEWIS (J. M.). — Tobacco Insects and Diseases south Carolina. *Clemson Agric. College, U. S. Dep. of Agric., Bull.* **109**, 55, 1950.

PEPPER (B. B.). — Control of Wireworms and onion Thrips by carbon bisulfide carrying naphtaline or P. D. B. *Journ. Econ. Ent.*, **30**, 332-336, 1937.

PEPPER (B. B.). — Dichlorethylether for wireworm control. *Journ. Econ. Ent.*, **33**, 280-282, 1940.

PEPPER (B. P.), WILSON (C. A.) and CAMPBELL (J. C.). — Benzene hexachloride and other compounds for control of Wireworms infesting potatoes. *Journ. Econ. Entom.*, **40**, 727-730, 1947.

PEREZ (R.). — Essais de lutte contre les larves de Taupins (ver fil de fer) avec l'Hexachlorocyclohexane (H. C. H.) à Pleyber-Christ (Finistère) en 1947. *C. R. Ac. Agric.*, 641-650, 1948.

PETERSON (A.). — Laboratory and field experiments with sodium cyanide and other chemicals against Wireworms in the soil. *Rep. N. J. agric. Exp. Sta.*, **38**, 469, 1917.

PETHERBRIDGE (M. A.). — Wireworms and sugar-beet. *Agriculture*, **115**, 23, 1938.

POCHON (J.) et LAJUDIE. — Action de certaines substances nématocides et insecticides sur la microflore normale du sol. *Ann. Agron.*, 449-451, 1948.

POST (R. D.), MUNRO (J. A.) and KNAPP (R. B.). — Chemical control of wireworms. *Bim. Bull. N. Dak. Agric. Exp. Sta.*, 26-31, 1947. — *R. A. E.*, **92**, 1949.

PRICE JONES (D.) and JONES (F. G. W.). — Wireworms and the sugar-beet crop field trials and observations. *Ann. app. Biol.*, 562-574, 1947.

PRINTZ (Y. I.). — The effect of soil acidity on the distribution of larvae of *Agriotes obscurus*. Summ. of Sc. Res. Work of Inst of Pl. prot. for 1935. *Lenin Acad. Sci, Leningrad*, 208-211, 1937.

PRINTZ (Y. I.) and BOBINSKAYA. — Influence of humidity on the movements of wireworms and survival of different stages at different degrees of humidity of soil. Summ. Sci. Res. Work of Inst. of Pl. Prot. for 1935. *Lenin. Acad. Agric. Sci.*, Leningrad, 1936.

PUSSARD (R.). — Influence de quelques insecticides de synthèse incorporés dans le sol sur la végétation d'œillet cultivé. *C. R. Ac. Agr.*, 1001-1004, 1948.

QUESTEL (D. D.) and CONNIN (R. V.). — A chemical treatment of soil which produces plant tissue lethal to European corn borer. *Journ. Econ. Ent.*, **40**, 914, 1947.

QUIDET (P.) et HITIER (H.). — Obtention de plantes polyploïdes par traitement à l'Hexachlorocyclohexane et au sulfure de polychlorocyclane. *C. R. Ac. Sc.*, **226**, 833-835, 1948.

RAUCOURT (M.) et VIEL (G.). — Propriétés insecticides de l'Hexachlorocyclohexane. *C. R. Ac. Agric.*, 558-565, 1945.

RAWLINS (W. A.). — Planting dates as affecting Wireworm Injury to Potato Tubers. *Journ. Econ. Ent.*, **33**, 761-765, 1940.

RAWLINS (W. A.). — Biology and Control of the Wheat Wireworm, *Agriotes Mancus* Say. *Corn. Univ. Agric. Exp. Stat. Bulletin*, **738**, 30, 1940.

RAWLINS (W. A.), — Some varietal differences in Wireworm injury to potatoes. *Amer. Potato Journ.*, 156-158, 1943.

RAWLINS (W. A.). STAPLES (R.) et DAVIS (A. C.). — Wireworm control with several insecticides introduced into the soil. *Journ. Econ. Entom.*, **42**, 326-329, 1949.

RÉGNIER (R.). — Les Taupins nuisibles en grande culture. Contribution à l'étude de l'*Agriotes obscurus* L. *Rev. Path. Veg.*, **15**, 40, 1928.

RODRIGUEZ (J. G.) and GOULD (W. A.). — Effect of Technical Benzene Hexachloride and Lindane on the Flavor of Tomatoes and Potatoes. *Journ. Econ. Ent.*, **43**, 498-503, 1950.

ROEBUCK (A.), BROADBENT (L.), REDMAN (R. F. W.). — The behaviour of adult click beetles of the genus *Agriotes* (*A. obscurus* L.), *A. lineatus* L. and *A. sputator* L.). *Ann. appl. Biol.*, **34**, 186-196, 1947.

ROSS (R. M.), STAPLEY (J. H.) and COCKBILL (G. F.). — Wireworm populations in relation to crop production. II Population changes in grassland. *Ann. appl. Biol.*, **34**, 66-94, 1947.

ROSS (R. M.), STAPLEY (J. H.) and COCKBILL (G. F.). — Wireworm populations in relation to crop production. V. Comparisons between failing and successful plots. *Ann. appl. Biol.*, **35**, 193-206, 1948.

SMART (A. B.). — Soil sterilization on a field-scale. *Nature* ,**159**, 102, 1947.

SALT (G.) and HOLLICK (F. S. J.). — Studies of Wireworm populations. I. A census of wireworms in pasture. *Ann. appl. Biol.*, **31**, 52-64, 1944.

SALT (G.) and HOLLICK (F. S. J.). — Studies of Wireworm Populations. II Spatial distribution. *J. Exp. Biol.*, **23**, 1-46, 1946.

SCHAERFFENBERG (B.). — Die Elateridenlarven der Kiefernwaldstreu. *Zeitsch. Ang. Ent.*, 85-115, 1942.

SHIRCK (F. H.). — Crop rotations and cultural practices as related to Wireworm control in Idaho. *Journ. Econ. Ent.*, **38**, 627-633, 1945.

SCHMIDT (C. T.). — Dispersion of Fumigants through soil. *Journ. Econ. Ent.*, **40**, 829, 1947.

SHREAD (J. C.). — Control of soil Insects. *Journ. Econ. Ent.*, **40**, 318-324, 1948.

SIMON (M.). — La lutte contre le Nématode de la Betterave par la désinfection du sol. *Pub. Inst. Belge. Amél. Betterave*, Tirlemont, 15-23, 1949.

SLADE (R.). — The gamma isomer of Hexachlorocyclohexane (Gammexane). *Chem. and Ind.*, **40**, 314-319, 1945.

SMITH (M. S.). — Persistence of D. D. T. and Benzene hexachloride in soils. *Ann. appl. Biol.*, 494-504, 1948.

SMITH (M. S.).— Persistence of D. D. T. and Benzene hexachloride in soil. *Nature*, **161**, 246, 1948.

SNAPP (O. I.). — Aldrin and Dieldrin as soil insecticides to control plum curculio (*Conotrachelus nenuphar*). *Journ. Econ. Ent*, **46**, 180, 1953.

STAPP (von C.). — Ueber die Wirkung von E 605. Präparaten auf Bodenbakterien. *Nachricht. des Deutschen Pflanzenschutz Dienstes*, 27-29, 1951.

STARNES (O.). — Absorption and translocation of insecticides through the root systems of plants. *Journ. Econ. Ent.*, **43**, 338-342, 1950.

STOKER (R.). — The phytotoxicity of DDT and of Benzene hexachloride. *Ann. appl. Biol.*, **34**, 110-122, 1948.

STONE (M. W.). — Dichloropropane-Dichloropropylene, a new soil Fumigant for Wireworms. *Journ. Econ. Ent.*, **37**, 297-299, 1944.

STONE (M. W.). — Effect of soil Applications of Insecticides on the Growth and Yield of Vegetable Crops. *U. S. Dep. of Agr., Circular, n° 926*, 19, 1953.

STONE and CAMPBELL (R. E.) — Chloropicrin as a soil insecticide for Wireworms. *Journ. Econ. Ent.*, **26**, 237-243, 1933.

STONE (M. W.) and ELMORE (J. C.). — Dichloroethyl-Ether as a control for Sod Welworms in Lawns. *Journ. Econ. Ent.*, **30**, 213, 1937.

STONE (M. W.) and FOLEY (F. B.). — Field Tests with Ethylene Chlorobromide on Wireworms. *Journ. Econ. Ent.*, **44**, 711-713, 1951.

STOKER (R. I.). — The phytotoxicity of D. D. T. and of Benzene hexachloride. *Ann. appl. Biol.*, **35**, 110-123, 1948.

STONE (M. W.) and FOLEY (F. B.). — Field experiments with insecticides for the control of Wireworms in irrigated lands. *Journ. Econ. Ent.*, **46**, 1075-1083, 1953.

STONE (M. W.), FOLEY (F. B.) and BIXBY (D. H.). — Effect of Soil Applications of Insecticides on the growth and Yield of vegetable Crops. *Circular n° 926, U. S. Dep. Agric. Washington*, 19, 1953.

SUBKLEW . — Die Bekämpfung der Elateriden (Eine Uebersicht über die Literatur). *Zeitsch. angew. Ent.*, **24**, 511-581, 1938.

SUBKLEW (W.). — *Agriotes lineatus* L. und *Agriotes obscurus* L. Ein Beitrag zu ihrer Morphologie und Biologie. *Zeits. angew. Ent.*, 96-122, 1935.

TATTERSFIELD (F.). — The decomposition of naphtalene in the soil and the effect upon its insecticidal action. *Ann. appl. Biol.*, **15**, 57-80, 1928.

TATTERSFIELD (F.) and ROBERTS. — The influence of chemical constitution on the toxicity of organic compounds to Wireworms. *J. agric. Sci.*, **10**, 199, 1920.

THÉNARD (J.) et de MALLMANN (R. J.). — La protection des semences de betteraves segmentées contre les larves de Taupins au moyen de traitements insecticides. *C. R. Ac. Ag.*, 602-605, 1951.

THORPE (M.), CROMBIE (A. C.), HILL (R.) and DARRAH (J. H.). — The Foot Finding of Wireworms (*Agriotes* sp.). *Nature*, 46-47, 1945.

TERRIÈRE (L. C.) and INGALSBE (D. W.). — Translocation and residual action of soil insecticides. *Journ. Econ. Ent.*, **46**, 751-53, 1953.

THALENHORST (W.). — Senföl (Allylisothiocyanat) als Kampfmittel gegen den Maikäferengerling. *Anz. Schädlingsk*, **13**, 15, 1937.

THOMAS (C. A.). — The Biology and Control of Wireworms. A review of the Literature. *The Pennsylvania state college School of Agr. and Exp. stat. Bull.*, 392, 1940.

THORPE (W. H.), COMBRIE (A. C.), HILL (R.) and DARRAH (J. H.). — The behaviour of Wireworms in response to chemical stimulation. *Journ. of Exp. Biology*, **23**, 1947.

TURNER (N.). — Control of insects on tobacco. *Connecticut Agriculture Experiment Station-Circ 167*, 1949.

VIEL (J.). — Les propriétés et les applications de l'Hexachlorocyclohexane. *B. T. I.*, **41**, 1949, 441-443, 1949.

WIESMANN (R.). — Das « Gesarol » als Bodendesinfecktionsmittel. *Forsch. Ergebn. Geb. Gartenb.*, 3-47, 1943.

WIGGLESWORTH (V. B.). — Transpiration through the cuticule of insects. *J. exp. Biol.*, 97-114, 1945.

WILSON (J. K.) and CHOUDHRI (R. S.). — Effects of D. D. T. on certain microbiological Processes in the Soil. *Journ. Econ. Ent.*, 537-538, 1946.

WOODWORTH (C. E.). — The reactions of wireworms to arsenicals. *J. Agric. res.*, **57**, 229-238, 1938.

WURGLER (W.), STAEHELIN (M.) et BOLAY (A.). — Recherches sur la phytotoxicité de l'hexachlorocyclohexane (H. C. H.). *Annuaire Agricole de Suisse*, 975-986, 1954.

Reçu pour publication le 24 mars 1955.

ESSAIS DE TRAITEMENTS D'HIVER SUR PÊCHER CONTRE LA COCHENILLE DU MURIER : *Pseudaulacaspis pentagona* TARG

PAR

D. SCHVESTER

Laboratoire de Zoologie agricole, Saint-Genis-Laval (Rhône)

H. MILAIRE et R. GIREAU

Service de la Protection des Végétaux, Lyon

PLAN DU MÉMOIRE

GÉNÉRALITÉS

Découverte en 1932 dans la région lyonnaise, la Cochenille du Mûrier s'y est, surtout depuis quelques années, considérablement étendue, et tend de plus en plus à envahir les plantations de Pêchers où de graves dégâts sont signalés : de nombreux sujets sont, en quelques années d'infestation, totalement ou partiellement détruits, soit directement par la Cochenille, soit de façon plus indirecte, en ce sens que l'affaiblissement des arbres consécutif à l'invasion, est souvent mis à profit par d'autres ravageurs, et notamment les Scolytes.

L'extrême polyphagie de cette espèce, capable de se développer sur de nombreuses essences, qui constituent autant de « réserves » du ravageur en fait, en l'état actuel, un danger permanent. L'absence dans la région lyonnaise de son parasite spécifique, *Prospaltella berlesei* How., implique la nécessité de recourir à l'application de traitements chimiques, au moins en attendant le résultat des tentatives d'introduction actuelle-

ment en cours, et en attendant que soit acquise la certitude que ce parasite puisse dans les conditions de la région, assurer à lui seul une limitation suffisante des pullulations (1).

C'est dans le but de tenter de préciser les modalités de ces traitements, qu'ont été entrepris les essais dont il est rendu compte ici.

Ces essais mettent en œuvre des produits qui, pour la plupart, ont déjà été éprouvés contre d'autres Cochenilles, notamment contre le Pou de San José (*Quadraspidiotus perniciosus* Comst), mais l'on sait que la Cochenille du Mûrier est une espèce très difficile à détruire : contrairement au Pou de San José qui hiverne au 1er stade larvaire, et qui est de ce fait relativement peu résistante, cette espèce passe l'hiver sous forme de femelle adulte, et son follicule épais lui confère alors une meilleure protection ; des encroûtements parfois très denses de boucliers de Cochenilles mortes peuvent aussi, dans certains cas, nuire à la bonne pénétration des bouillies. Nous rappellerons que les premières expériences comparatives effectuées par R. Vasseur (6) indiquent que les mêmes produits qui, appliqués contre le Pou de San José, donnent une efficacité de l'ordre de 98 à 100 p. 100, ne donnent, appliqués à la même dose contre la Cochenille du Mûrier qu'une efficacité d'environ 70 p. 100, et encore dans des conditions expérimentales seulement.

Nous ne sommes pas en mesure de fournir de données précises sur le potentiel et la vitesse de multiplication de *P. pentagona*, mais la simple observation des progrès des infestations au cours des dernières années nous conduit à penser que le traitement d'hiver contre cette espèce, pour pouvoir être considéré comme satisfaisant, doit fournir une efficacité élevée, de l'ordre de 90 à 95 p. 100 au moins, faute de quoi, on risque certaines années favorables à la Cochenille, d'être amené, à cause de l'intensité des pullulations, à effectuer un traitement d'appoint supplémentaire au cours de l'été, ou même à renouveler plusieurs années de suite, le traitement d'hiver. Or, la relative sensibilité du Pêcher aux huiles minérales, ainsi que certains phénomènes d'intolérance aux colorants nitrés (cf. plus loin), peuvent être un obstacle à une trop fréquente répétition de ces traitements, procédé qui offre de plus l'inconvénient d'aggraver considérablement le coût de l'entretien des plantations.

LES ESSAIS ET LEURS RÉSULTATS

Nous rendons compte de trois séries d'essais différentes, effectuées dans les conditions de la pratique, chacune dans le but de préciser certains points particuliers ; la première de ces séries a déjà fait l'objet d'une publication (4), mais nous rappelons les résultats auxquels elle a donné lieu, car leur comparaison avec les résultats des autres séries fournit d'intéressants renseignements.

Cette première série eut lieu à Saint-Genis-Laval (Rhône) dans une plantation de Pêchers d'environ 10 ans d'âge, conduits en gobelets. Le traitement a été appliqué avant la taille, le 12 mars 1952 à l'aide d'un moto-pulvérisateur sous une pression de l'ordre de 15 à 18 kg, dans de bonnes conditions climatiques. Les produits suivants ont ét émis en œuvre :

1° une huile » jaune « en émulsion concentrée (type dit « mayonnaise ») à 75 p. 100 d'huile minérale et 2,5 p. 100 de dinitro-ortho-crésol. ;

2° une huile « jaune « de même type, mais titrant 75 p. 100 d'huile minérale et 5 p. 100 de DNC ;

3° une huile « jaune » miscible (type dit « soluble ») à 90 p. 100 d'huile minérale et 5 p. 100 de DNC.

Ces trois produits ont été utilisés à la concentration de 3 p. 100 ;

4° un oléoparathion en émulsion concentrée à 80 p. 100 d'huile minérale et 1,5 p. 100 de thiophosphate de diéthyle et de paranitrophényle ou parathion ;

5° un oléoparathion miscible à 80 p. 100 d'huile et 3 p. 100 de parathion.

Ces deux derniers produits utilisés à là dose de 2,5 p. 100.

Dix arbres ont été traités avec chacune des bouillies ainsi préparées.

Les contrôles d'efficacité ont été effectués le 24 avril suivant, de la façon suivante : on a compté pour chacun des traitements, 500 insectes, répartis en lots distincts de 100 individus, pris chacun sur un sujet différent. Cette façon de procéder était destinée, grâce aux écarts notés entre les divers lots, à faciliter l'interprétation statistique des résultats. La mortalité moyenne observée pour chaque traitement est donnée au tableau I. Nous donnons également à titre indicatif, sous la rubrique « Témoin » la mortalité observée ce même 24 avril, dans une plantation immédiatement voisine, non traitée. L'interprétation statistique a fait ressortir les conclusions suivantes :

TABLEAU I

Résultats d'essais de traitements d'hiver contre Pseudaulacaspis pentagona *sur Pêcher.*

1re série : Saint-Genis-Laval, 12 mars 1952.

Formule n°	Teneurs en M.A. de la bouillie (g/hl)			Mortalité p. 100	Phytotoxicité
	Huile de pétrole	DNC	Parathion		
1	2 250	75		81,4	1 à 1,5
2	2 250	150		95,4	1 à 2
3	2 700	150		75,2	4,5 à 5
4	2 000		37,5	36,6	—
5	2 000		75	49	—
Témoin	—	—	—	20	—

a) la différence entre les mortalités obtenues par le traitement 1 et le traitement 2 est significative. Entre 2 d'une part et chacun des traitements 3,4 et 5 d'autre part, les différences sont hautement significatives ;

b) la différence entre les mortalités obtenues par 1 et 3 respectivement n'est pas tout à fait significative ;

c) entre 1, 2, 3 d'une part, 4 et 5 de l'autre, les différences sont hautement significatives ;

d) la différence de mortalité obtenue par les traitements 4 et 5 est significative.

Une deuxième série d'essais fut entreprise le 24 février 1954 à Saint-Symphorien-d'Ozon (Isère). L'application eut lieu, avant taille, sur des Pêchers d'une dizaine d'années, conduits en gobelets aplatis, à l'aide du même appareil que pour la première série, mais dans d'assez mauvaises conditions climatiques, par temps froid et nuageux. Les formules suivantes ont été mises en œuvre :

1° une huile « jaune » en émulsion concentrée (type « mayonnaise ») à 75 p. 100 d'huile et 5 p. 100 de DNC (même produit que le produit n° 2 de la série précédente utilisé à la concentration de 4 p. 100 ;

2° le même produit à la concentration de 3 p. 100 ;

3° une huile « jaune » miscible (type « soluble ») titrant 90 p. 100 d'huile minérale et 5 p. 100 de DNC (même produit que le n° 3 de la série précédente) utilisé à 3 p. 100 ;

4° une huile « jaune » de même type mais de provenance différente titrant 95 p. 100 d'huile minérale et 3,3 p. 100 de DNC, également utilisée à la concentration de 3 p. 100 ;

5° un oléoparathion en émulsion concentrée titrant 80 p. 100 d'huile et 1,5 p. 100 de parathion : même produit que le n° 4 de la série précédente, mais utilisé cette fois à 3 p. 100 ;

6° un oléoparathion de même type et de même provenance, ne différant du précédent que par une teneur plus élevée en parathion (3 p. 100), qui fut également utilisé à 3 p. 100 ;

7° une émulsion concentrée d'huile « blanche » à 80 p. 100 d'huile minérale utilisée à 3 p. 100 comme traitement de référence ;

8° une préparation non commerciale d'huile végétale (huile d'arachide) émulsionnée à l'oléate d'ammonium et additionnée de dinitrocrésylate de sodium (teneur dans la bouillie : 2 500 g d'huile + 230 g de colorant par hectolitre) ;

9° la même préparation d'huile sans addition de colorant (2 500 g d'huile/hl).

Enfin, sous le n° 2 *bis*, nous avons effectué un essai avec la même bouillie que l'essai n° 2, mais en mettant en pratique la technique de pulvérisation préconisée par GEIER (3) contre *Epidiaspis Peperii* SIGN.,

technique qui consiste à effectuer une première pulvérisation rapide, suivie à un quart d'heure environ, d'une deuxième application soigneusement effectuée.

Les dénombrements de contrôle ont été effectués à la date du 15 avril 1954. Les insectes ont également été comptés par lots de 100 individus, mais cette fois en nombre plus important : 1 500 Cochenilles au total furent comptées pour les traitements 1 à 4 inclus (huiles minérales jaunes) et 800 pour les autres.

TABLEAU II

Résultats d'essais de traitements d'hiver contre Pseudolacaspis pentagona *sur Pêcher*

2e série : Saint-Symphorien d'Ozon, 24 février 1954.

Formule n°	Teneurs en M.A. de la bouillie (g/hl)				Mortalité p. 100	Phytotoxicité
	Huile de pétrole	Huile végétale	DNC	Parathion		
1	3 000	—	200	—	87,2	2 à 3
2	2 250	—	150	—	74,2	0,5
2 *bis*	2 250	—	150	—	84,9	1
3	2 700	—	150	—	80,4	4,5
4	2 850	—	100	—	76	4
5	2 400	—	—	45	53,6	—
6	2 400	—	—	90	64,6	—
7	2 400	—	—	—	60,6	—
8	—	2 500	230 (1)	—	86	4
9	—	2 500	—	—	46,6	—
Témoin					44	

(1) Dinitrocrésylate d'ammonium.

Les mortalités moyennes observées sont données au tableau II. Sous la rubrique « Témoin » nous avons indiqué la mortalité naturelle, relevée le jour même du traitement, sur 1 500 insectes.

L'interprétation statistique des résultats pour les formules 1 à 4 amène les conclusions suivantes :

a) la différence entre les mortalités en 1 et en 2 est hautement significative. Elle est significative entre 1 et 3 et 1 et 4.

b) la différence entre les résultats obtenus par le traitement 2 *bis*, et le traitement 1 n'est pas significative. Par contre, entre 2 et 2 *bis*, elle est significative ;

c) la différence entre 2 et 3 n'est pas significative. Elle est significative entre 2 et 4 ;

La troisième série d'essais nous a été suggérée par l'observation faite lors de la première (cf. tableau I) de la nette supériorité des résultats obtenus par la bouillie n° 2 préparée avec une huile à 5 p. 100 de DNC sur ceux donnés par la bouillie n° 1 préparée avec une huile à 2,5 p. 100

seulement de colorant. La différence observée est très significative ; la provenance des produits étant la même et la dose d'huile restant constante, il était normal de conclure que cet accroissement d'efficacité était redevable à l'augmentation de la teneur en DNC, qui est, dans la seconde formule, double de ce qu'elle est dans la première.

La formule à 2,5 p. 100 de DNC tend à disparaître du marché, mais il a paru utile, à la suite de cette observation, de rechercher les résultats d'un enrichissement encore accru en DNC, de bouillies d'huiles jaunes et, parallèlement, d'examiner si une telle pratique pouvait, sans nuire à l'efficacité, permettre l'abaissement de la teneur des bouillies en huile minérale.

Le produit utilisé pour cette troisième série d'essais fut une huile « jaune » de type « mayonnaise » (75 p. 100 d'huile minérale et 5 p. 100 de colorant) que nous avons plus ou moins enrichie en DNC, en nous limitant toutefois à une concentration totale de ce produit d'un maximum de 200 g par hectolitre de bouillie, afin d'éviter les effets phytocides possibles.

Le produit utilisé pour l'enrichissement des huiles en colorant, était une formule d'origine britannique, à 20 p. 100 de DNC, dans de l'huile d'anthracène, la proportion de cette dernière étant inconnue. L'on peut cependant considérer, sur la foi de ce que l'on sait de l'efficacité de ces huiles sur les Cochenilles diaspines en général, que l'action sur la Cochenille du Mûrier de l'huile d'anthracène ainsi apportée est négligeable, étant donné surtout qu'on en n'a mis en œuvre que de très faibles doses.

Des essais préalables en laboratoire ont permis de vérifier la stabilité des émulsions ainsi préparées, il fut procédé au traitement dans une plantation de pêchers située à Saint-Genis-Laval, plantéed'arbres de 12 ans, à l'aide d'un petit pulvérisateur à moteur sous pression de 10 à 12 kg, à la date du 2 mars 1954. Les formules appliquées furent les suivantes :

1° huile « jaune » émulsion type « mayonnaise » contenant 75 p. 100 d'huile minérale et 5 p. 100 de DNC, utilisée à la concentration de 4 p. 100 ;

2° la même huile, utilisée à 3 p. 100 et additionnée de 0,25 p. 100 du produit à base de DNC défini ci-dessus ;

3° la même huile, à 2 p. 100 + 0,5 p. 100 du produit DNC ;

4° la même huile seule à 3 p. 100 ;

5° la même huile à 2 p. 100 + 0,25 p. 100 du produit à base de DNOC.

Les résultats ont été contrôlés le 17 avril 1954, de la même façon que précédemment sur 1 500 insectes par traitement, et sont consignés au tableau III. Dans ce cas, nous avons pu ménager des témoins dans la plantation même et l'efficacité Abbott est rapportée à la mortalité naturelle observée ce même jour (60 p. 100).

L'interprétation statistique donne les résultats suivants :

a) la différence entre 1 d'une part et les autres traitements d'autre part est hautement significative ;

b) la différence entre 2 et 3 est significative ;

c) la différence entre 3 et 5 est hautement significative ;

d) la différence entre 2 et 4 n'est pas significative.

TABLEAU III

Résultats d'essais de traitements d'hiver contre Pseudaulacaspis pentagona *sur Pêcher*

3e série : Action de la teneur en DNC des bouillies

Saint-Genis-Laval, 1er mars 1955

Formule n°	Teneur en M.A. de la bouillie (g/hl)		Mortalité p. 100	Efficacité ABBORT	Phyto-toxicité
	Huile de pétrole	DNC			
1	3 000	200	98,2	95,5	4
2	2 250	200	88,75	71,9	—
3	1 500	200	84,75	61,9	—
4	2 250	150	89,75	74,4	—
5	1 500	150	75	37,5	—
Témoin	—	—	60	—	—

DISCUSSION DES RÉSULTATS EN ENSEIGNEMENTS A TIRER DE CES ESSAIS

Nous envisagerons et compareronss uccessivement les résultats obtenus dans ces trois séries d'essais, pour chaque catégorie de produits. A cet effet, nous avons dressé un tableau récapitulatif de l'ensemble des essais effectués, en groupant les résultats obtenus par catégorie (tableau IV).

De plus, nous avons tenté dans les divers tableaux, de donner une échelle relative des phénomènes de phytotoxicité observés, en affectant à certains des produits, une note de 0 à 5 (5 représentant 100 p. 100 de bourgeons à fleurs brûlés) phénomènes qui feront ci-dessous l'objet d'une discussion dans un paragraphe séparé.

Action des oléoparathions

Aux doses utilisées, les oléoparathions n'ont pas été efficaces contre *Pseudaulacaspis pentagona* quelle que soit leur présentation (« soluble » ou « mayonnaise »).

En fait, le produit à 1,5 p. 100 de parathion paraît n'avoir, contre cette espèce, que l'efficacité de la dose d'huile qu'il contient ainsi qu'il ressort de l'examen du tableau II (formules 5 et 7). Dans les deux cas, l'augmentation de la teneur en parathion paraît s'être traduite par un accroissement de la mortalité (tableaux I et II), mais celle-ci comparée

TABLEAU VI

Récapitulation des résultats d'essais de traitement d'hiver sur Pêcher contre Pseudaulacaspis pentagona.

Nature du produit	Dose d'emploi p. 100	Nature et dose matière active p. 100		Mortalités p. 100		
				1re série St-Genis 12/3/52	2e série St-Symphorien 24/2/52	3e série St-Genis 2/3/54
Huiles jaunes :		Huile de pétrole	DNC			
1 « Mayonnaise » 75 % H.M. et 2,5 % DNC .	3	2 250	75	81,4		
2 « Mayonnaise » 75 % H.M. et 5 % DNC ..	4	3 000	200		87,2	98,2
3 « Mayonnaise » 75 % H.M. et 5 % DNC ..	3	2 250	150	95,4	74,2	89,75
4 « Mayonnaise » 75 % H.M. et 5 % DNC (enrichie en DNC) ...	3	2 250	150 + 50			88,75
5 « Mayonnaise » 75 % H.M. et 5 % DNC (enrichie en DNC) ...	2	1 500	100 + 100			84,75
6 « Mayonnaise » 75 % H.M. et 5 % DNC (enrichie en DNC) ...	2	1 500	100 + 50			75
7 « Soluble » 90 % H.M. et 5 % DNC	3	2 700	150	75,2	80,4	
8 « Soluble » 95 % H.M. et 3,3 % DNC	3	2 800	100		76	
Huile blanche :						
9 « Mayonnaise » 80 % huile minérale	3	2 400			60,6	
Oléoparathions :		Huile de pétrole	Parathion			
10 « Mayonnaise » 80 % H.M. et 1,5 % parathion	2,5	2 000	37,5	36,6		
11 « Mayonnaise » 80 % H.M. et 1,5 % parathion	3	2 400	45		53,6	
12 « Mayonnaise » 80 % H.M. et 3 % parathion	3	2 400	90		64,6	
13 « Soluble » 80 % H.M. et 3 % parathion....	2,5	2 000	75	49		
Huiles végétales :		Huile végétale	DNC			
14 Émulsion huile d'arachide		2 500			46,6	
15 Émulsion huile d'arachide + dinitrocrésylate d'ammonium		2 500	230		86	

aux résultats obtenus avec les huiles jaunes, reste nettement inférieure, et est par elle-même trop insuffisante pour que l'emploi de ce type de produit puisse être pratiquement envisagé pour la lutte contre la Cochenille du Mûrier.

Action des huiles jaunes

Les résultats obtenus avec les huiles jaunes offrent la caractéristique, lorsque l'on compare les diverses séries d'essais, d'être particulièrement irréguliers et inconstants, alors même qu'il s'agit de produits identiques utilisés à la même dose.

Ainsi, avec le produit « mayonnaise » à la dose de 3 p. 100, on enregistre de bons résultats dans la première série, alors qu'ils sont nettement insuffisants dans la seconde, et médiocres seulement dans la troisième. Avec ce même produit à 4 p. 100, ils sont très bons dans la troisième série, alors que dans la seconde, sans être particulièrement mauvais, ils sont cependant insuffisants (tableau IV, n° 2 et 3).

Une part de l'explication de cette inconstance des résultats réside peut-être dans les différences de conditions climatiques dans lesquelles les diverses séries de traitements effectués, notamment celles des quelques jours qui ont immédiatement suivi le traitement. Il est plausible que ces facteurs, se traduisent dans les résultats obtenus sur des Cochenilles relativement faciles à détruire, telles que le Pou de San José, par des variations de faible amplitude, aient au contraire des répercussions plus importantes sur les variations d'efficacité enregistrées sur une Cochenille très résistante comme l'est *Pseudaulacaspis pentagona*. Dans ce dernier cas, la question de la définition des conditions optima d'emploi des huiles contenant du DNOC est donc beaucoup plus importante.

En ce qui concerne la teneur en DNC des huiles jaunes, on constate que l'augmentation de la concentration des bouillies en colorant, la dose d'huile restant par ailleurs égale, permet effectivement d'améliorer les résultats, mais seulement dans certaines limites où, de toutes façons, les mortalités obtenues sont insuffisantes. En effet, si l'amélioration des résultats obtenus par un enrichissement de DNC est très nette à la dose d'huile de 1 500 g/hl, elle est nulle à 2 250 g d'huile par hl. Inversement si l'on compare les bouillies selon les doses d'huiles qu'elles renferment, la dose de DNC restant égale, on constate par exemple que pour 200 g/hl de colorant, l'augmentation de la teneur en huile de la bouillie accroît la mortalité beaucoup plus nettement encore. L'efficacité des huiles jaunes serait donc, une fois atteinte une certaine teneur en DNC, surtout fonction de la teneur en huile de la bouillie, ce qui confirme pleinement les résultats précédemment acquis par F. Chaboussou et P. Ramadier sur *Epidiaspis leperii* et par R. Vasseur et H. Bianchi sur *Quadraspidiotus perniciosus* (2 et 7). On ne saurait donc obtenir de résultats satisfaisants dans la lutte contre la Cochenille du Mûrier, en abaissant dans un but d'économie, la teneur en huile de la bouillie pour tenter de compenser la perte d'efficacité par un enrichissement en DNC.

La forme sous laquelle sont présentées les huiles jaunes, selon qu'il s'agit d'huiles miscibles ou d'huile en émulsion concentrée, pourrait également avoir une répercussion sur l'efficacité.

En se reportant au tableau IV, on voit que la formule n° 7 « soluble » a été, à dose d'emploi égale, nettement inférieure dans un cas, un peu supérieure dans l'autre à la formule n° 3 « mayonnaise », malgré une teneur en huile de la bouillie sensiblement plus élevée. L'autre spécialité « soluble », malgré une teneur en huile encore plus élevée, mais il est vrai avec moins de colorant, fut encore moins efficace que la première.

N'ayant pas effectué d'expériences précises avec ces divers produits à doses de M. A. alignées, il ne nous est pas permis évidemment d'être aussi affirmatifs que pour les résultats de même ordre obtenus précédemment sur *E. Leperii* et *Qu. perniciosus* mais ces résultats indiquent qu'il y a au moins présomption pour que, à dose égale en M. A., les préparations d'huile jaune « soluble » soient d'efficacité inférieure à celle d'huile jaune « mayonnaise ».

Action des huiles végétales

L'huile d'arachide émulsionnée utilisée seule, n'a pas eu d'efficacité appréciable, résultat auquel on pouvait s'attendre, connaissant les expériences précédemment effectuées par G. VIEL (7) avec ce type d'huile sur le Pou de San José : la dose d'huile d'arachide requise contre ce dernier pour obtenir une efficacité de 91 à 97 p. 100, est en effet déjà de 2,8 p. 100, donc supérieure à celle utilisée ici.

Par contre, additionnée de dinitrocrésylate d'ammonium, l'huile d'arachide donne des résultats qui seraient intéressants, n'était l'effet phytocide très marqué de la préparation utilisée.

Phytotoxicité

Certaines des formules, huiles jaunes en particulier, ont été plus ou moins phytotoxiques : un nombre plus ou moins élevé de bourgeons à fleurs sont détruits, ainsi que dans certains cas, des bourgeons à bois ; on constate même parfois la nécrose des brindilles.

Aux tableaux I, II et III nous donnons une échelle relative des phénomènes de phytotoxicité observés pour certaines des formules utilisées, dans les conditions des expériences.

On constate que, dans les deux premières séries d'essais, le produit n° 3, huile jaune « soluble » a été très fortement phytotoxique (90 à 100 p. 100 de bourgeons à fleurs détruits). Or, si pour la première expérience, la date un peu tardive peut-être du traitement pouvait à la rigueur être mise en cause, il ne peut en être de même pour la seconde.

On a constaté également une forte action phytocide de la formule nº 4 au tableau II, également « soluble », action cependant un peu moins marquée que celle du produit précédent, ce qui pourrait être imputable à une teneur moindre en DNC de la bouillie.

La phytotoxicité des huiles de type « mayonnaise » est sensiblement moins élevée, mais devient importante cependant lorsque l'on emploie des doses de 4 p. 100.

Il est à remarquer d'ailleurs, que ces effets phytocides ne sont pas toujours constants ni réguliers : nous les avons noté dans les deux cas, avec la formule nº 3 ci-dessus, où ils sont très intenses ; mais avec la même formule, à la même dose d'emploi V. Solaroli et G. C. Bongiovanni en Italie, ne notent que 2 p. 100 de bourgeons à fruits brûlés, pour un traitement effectué sur Pêcher contre la même Cochenille, à la date des 3 et 4 mars 1950 (5). On peut supposer que la phytotoxicité n'apparaîtrait que dans certaines conditions, qu'il conviendrait de s'efforcer de déterminer.

Sur le vu de ces seuls résultats, d'ailleurs, il ne peut être exactement déterminé quel composant, de l'huile ou du DNC, est le plus nuisible et dans quelle mesure.

Les expériences de la troisième série (tableau III) sembleraient indiquer que l'huile est nuisible à dose trop forte, puisqu'une importante proportion de bourgeons furent détruits par la formule nº 1 la plus riche en huile, alors que les formules à même teneur en colorant, mais à dose d'huile inférieure (nº 2 et 3) n'eurent pas d'effet phytocide sensible.

Les expériences portant sur des préparations à base d'huile végétale tendraient quant à elles, à démontrer que le colorant est également phytotoxique, puisque l'huile d'arachide utilisée seule à même dose n'a pas donné de brûlures ; mais il est vrai que la dose de colorant est ici sensiblement plus élevée, et qu'il ne s'agit pas à proprement parler de DNC, mais de son sel d'ammonium.

On peut cependant, au moins provisoirement, déduire de l'ensemble de ces expériences que, le Pêcher étant relativement sensible, les teneurs en matière active des bouillies à ne pas dépasser seraient de l'ordre de 2,500 kg/hl en ce qui concerne les huiles minérales et de l'ordre de 200 g/hl en ce qui concerne le DNC.

On est donc extrêmement limité par la sensibilité du Pêcher pour appliquer des traitements répondant aux conditions d'efficacité désirables. Cependant, pour subjectives que puissent être les observations que nous avons pu faire sur les divers degrés de phytotoxicité, on peut dire que les effets, à la vérité faibles, observés à la suite du traitement double effectué lors de la deuxième série (nº 2 *bis* du tableau II) ne paraissent pas devoir constituer un obstacle majeur à l'application de cette méthode. Il est vraisemblable que l'on pourra obtenir par cette voie les meilleurs résul-

tats contre la Cochenille, en respectant l'intégrité du végétal, lorsque seront parfaitement définies et respectées les conditions optima d'emploi des huiles associées aux colorants nitrés.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Plusieurs expériences de lutte chimique par traitements d'hiver sur Pêcher contre la Cochenille du Múrier *Pseudaulacaspis pentagona* TARG.), mettant en œuvre une gamme étendue de produits à diverses doses, ont permis de mettre en évidence les points suivants :

1° les oléoparathions aux doses d'emploi normales, sont presque totalement inefficaces contre la Cochenille du Mûrier. Contrairement à ce qui a été observé pour d'autres Cochenilles, l'adjonction de parathion à l'huile minérale ne paraît pas, dans ce cas, lui conférer d'efficacité supplémentaire ;

2° l'emploi d'huiles végétales ne paraît pas pouvoir être envisagé ;

3° les huiles minérales additionnées de dinitro-ortho-crésol ont, de tous les produits essayés, donné les meilleurs résultats. Mais l'on observe des phénomènes de phytotoxicité parfois importants, avec certains produits à certaines doses. En particulier, les teneurs dans les bouillies de 2 500 g d'huile et de 200 g de DNC par hectolitre paraissent être les maxima tolérables par le Pêcher ;

4° on n'obtient pas une efficacité suffisante en enrichissant les bouillies en DNC et en abaissant parallèlement leur teneur en huile, l'adjonction de colorant nitré n'accroissant l'efficacité des huiles minérales que dans certaines limites ;

5° les bouillies préparées à partir de produits dits « huiles solubles » paraissent d'efficacité moindre, à même dose de M. A. que celles préparées avec des émulsions concentrées dites « mayonnaises » ;

6° l'efficacité des huiles jaunes, et peut-être aussi leur phytotoxicité sont inconstantes, et paraissent dépendre de certaines conditions d'utilisation, qui sont à préciser ;

7° la technique de traitement consistant à effectuer une première pulvérisation rapide, suivie après ressuyage, d'une seconde soigneusement effectuée, donne sans dépense supplémentaire importante, de meilleurs résultats que la pulvérisation simple. Avec des doses de produits relativement peu phytocides, on peut ainsi, dans de bonnes conditions, obtenir une efficacité suffisante contre *Pseudaulacaspis pentagona*.

Reçu pour publication le 18 mars 1955.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) BENASSY (C.). — Essai expérimental de constitution d'un foyer de *Pros, paltella berlesei* How dans le Lyonnais. *C. R. Ac. agric.* ,XL p. 528-530, 1949.

(2) CHABOUSSOU (F.) et RAMADIER (P.). — Essais de traitements d'hiver contre la Cochenille rouge du poirier (*Epidiaspis Leperii* SIGN.). *Rev. Zool. Agr.*, t. L, n° 10-12, p. 62-67, 1951.

(3) GEIER (P.). — Contribution à l'étude de la Cochenille dupoirier(*Epidiaspis Leperii* SIGN) en Suisse. *Rev. Path. Végét. et Ent. Agr.*, XXXVI, p. 177-261, 1949.

(4) MILAIRE (H.) et GIREAU (R.). — Quelques résultats de traitements d'hiver contre la Cochenille du mûrier. *Phytoma*, nouvelle série n° 55, p. 29-31, 1954.

(5) SOLAROLI (V.) et BONGIOVANNI (G. C.). — Prove di lotta invernale contro *Diaspis pentagona* TARG. *Riv. Fruttic.*, XIII, n° 1, p. 27-37, 1951.

(6) VASSEUR (R.) et BIANCHI (H.). — Sur l'efficacité de produits insecticides divers utilisés contre les Cochenilles diaspines des arbres fruitiers en traitements d'hiver. *Ann. I. N. R. A., série C. Ann. Epiph.*, IV, n° 1, p. 45-58, 1953.

(7) VASSEUR (R.) et BIANCHI (H.). — Sur l'efficacité de diverses formules insecticides en traitements d'hiver contre les Cochenilles des arbres fruitiers. *Rev. Zool. Agr.*, LII, n° 7-9, p. 76-93, 1953.

(8) VIEL (G.). — Étude sur la valeur de produits insecticides divers dans la lutte contre le Pou de San José (*Quadraspidiotus perniciosus* COMST). *Ann. Epiph. N. S.*, t. XII, fasc., 4, p. 401-413, 1946.

Le Directeur-Gérant : B. LACLAVIÈRE.

Imprimerie BUSSIÈRE à Saint-Amand (Cher), France. — 26-10-1955.

Dépôt légal : 4e trimestre 1955 *N° d'impression : 914*

UNE VIROSE A POLYEDRES DE LA NOCTUELLE GAMMA *PLUSIA GAMMA* L. (*LÉPIDOPTERA*)

PAR

C. VAGO et R. CAYROL

Laboratoire de Pathologie de la Station de recherches séricicoles, Alès.
Station Centrale de Zoologie Agricole, Versailles.

PLAN DU MÉMOIRE

Introduction

Dans la nature, les populations de chenilles de *Plusia gamma* L. (*Lepidoptera*) sont souvent considérablement réduites par une brusque mortalité due à une sorte de « flacherie ». (Les chenilles atteintes deviennent flasques, s'immobilisent sur les végétaux et leur corps noircit rapidement.)

L'élevage de ces Insectes est rendu d'ailleurs difficile, sinon impossible, par l'apparition de cette même maladie.

Ce phénomène est fréquemment observé dans différents pays, mais n'a pas fait l'objet de recherches sur son étiologie ni sur sa pathogénèse. Ainsi en 1922, année au cours de laquelle les dégâts causés par la Noctuelle gamma furent particulièrement importants, BOLDIREV en Russie (2) et MOKREZCKI en Pologne (6) signalent qu'en maints endroits la flacherie a détruit un nombre considérable de chenilles. En 1928, PAPE note qu'en Allemagne une « maladie » atteint un certain pour-

centage de chenilles dans les champs de pommes de terre infestés par la Noctuelle gamma. En 1946, cette espèce pullule dans toute l'Europe et jusqu'en Scandinavie (12) où SYLVEN (Suède) mentionne qu'un grand nombre de chenilles sont décimées par une « épidémie ».

Des entomologistes, tels VASSILIEV en Russie (17), KRASUKI et KELER en Pologne (3-4), PICARD en France (8) font état de champignons parasites susceptibles d'infester les chenilles de la Noctuelle gamma. Or nous avons nous-mêmes observé la présence de champignons du groupe des Entomophtorales dans le cadavre de chenilles mortes de « flacherie » et nous sommes en droit de nous demander si les destructions massives de Noctuelle gamma, signalées par certains de ces auteurs ne résulteraient pas, dans quelques cas tout au moins, du développement de cette maladie dans les populations larvaires.

Nous nous sommes attachés à rechercher la cause de cette mortalité très importante du point de vue agricole, car elle arrête parfois des infestations graves souvent observées sur des plantes de grande culture (particulièrement le Lin et la Betterave en France) et dans les cultures maraîchères, puis nous avons étudié les caractères de la maladie. Nous avons procédé d'une part à des observations dans des champs et sur des élevages infectés, d'autre part à des examens pathologiques de chenilles malades, l'ensemble s'étendant sur les années 1951 à 1954 inclus.

Évolution de l'état morbide et caractères extérieurs de la maladie

A un stade peu avancé de la maladie, les chenilles de la Noctuelle gamma atteintes de cette affection, quel que soit leur âge, montrent une agilité accrue suivie d'un virage de couleur allant de la teinte écrue au jaune ; elles présentent des segments gonflés et turgescents. Dès qu'elles extériorisent ces premiers symptômes de l'infection, elles se portent à l'extrémité supérieure des plantes.

Après le premier stade de la maladie, la peau de la chenille atteinte devient fragile ; celle-ci s'immobilise et une mélanisation lente commence. La mort vient peu après.

Une fois mortes, les chenilles pendent, accrochées par leurs fausses pattes ; leurs téguments, très amincis, se rompent au moindre choc, libérant sous forme d'un liquide noirâtre et nauséabond, les organes internes décomposés. Dans le cas où des chenilles presque parvenues au terme de leur développement contractent la maladie, la mort peut ne survenir qu'au stade chrysalide ; on constate alors une mélanisation progressive et une liquéfaction interne « post mortem ». Ces phénomènes sont à rapprocher de ceux s'observant pour les « flacheries » et pour les « wilt-diseases ».

Les chenilles peuvent être atteintes à tous les âges mais elles paraissent être particulièrement sujettes à l'affection parasitaire à partir du troisième âge. Ainsi, dans les lots de chenilles élevées en groupes, l'épizootie peut faire son apparition chez les larves néonates, mais il est rare qu'elle provoque la mort de plus de 15 p. 100 des individus aux premier et deuxième âges alors que, par la suite, elle est susceptible d'exterminer la totalité des chenilles de troisième et quatrième âges. La maladie peut également apparaître subitement au cinquième âge et prendre éventuellement un caractère épizootique très prononcé. Dans un de nos élevages effectués à 24° C, en moins de trois jours toute la population larvaire fut détruite au moment de la formation des premières chrysalides.

Reproduction de la maladie et étiologie

L'inoculation de l'hémolymphe des chenilles malades dans la cavité générale des chenilles saines reproduit, quel que soit leur âge, la maladie avec tous ses symptômes anatomiques et histologiques. La durée d'incubation est relativement courte car les altérations, même microscopiques, commencent à être visibles à 20° C à partir du quatrième jour. L'infection *per os* avec la même matière infectieuse déposée sur les feuilles, réussit également surtout sur les jeunes chenilles, et la maladie apparaît alors dans des proportions dépassant 60 p. 100 (l'ingestion de la feuille souillée est contrôlée en élevage individuel). Par contre dans les essais effectués selon la technique habituelle d'infection en groupes, cette proportion est très variable et atteint rarement 10 p. 100.

La suspension de l'hémolymphe contaminée conserve ses propriétés pathogènes après passage à travers les bougies Chamberland L 1 L 2. A partir de L 3, la virulence des filtrats décroît puis devient nulle.

L'ensemble de ces caractères, ainsi que ceux concernant la pathogénèse et les corps d'inclusion, permettent de ranger l'agent pathogène parmi les virus du groupe *Borrelina* PAILLOT (10) Le virus a été mis en évidence par examens au microscope électronique. Les résultats de ceux-ci sont publiés dans une note à part (5).

Anatomie et histologie pathologiques

L'hémolymphe est toujours trouble et épaisse.

Le tissu adipeux, déjà très fragmenté à l'état normal, l'est encore davantage dans la chenille malade et devient gluant.

Les altérations cellulaires sont strictement nucléaires et se manifestent par une hypertrophie du noyau et la présence d'inclusions.

Les noyaux sont quelquefois entièrement remplis de corps d'inclu-

sion et ne laissent paraître que quelques taches interchromatiniennes et le nucléole. L'hypertrophie nucléaire est un caractère général ; les dimensions des noyaux atteints dépassent celles des noyaux de cellules atteintes par d'autres polyédries connues. Ainsi les noyaux des cellules épidermiques occupent quelquefois toute la longueur de ces cellules rectangulaires, ne laissant libres que les extrémités longitudinales de ces dernières (fig. 1). Le volume de ces noyaux malades est alors de 9 à 12 fois le volume initial du noyau. L'hypertrophie des noyaux entraîne à un certain moment celle des cellules, ce qui permet de distinguer dans un tissu les cellules parasitées (fig. 2).

Ces caractères sont ceux d'une polyédrie et rapprochent la maladie de *Colias phylodice eurytheme* BOISD (9). Par contre, il y a contraste avec les polyédries de *Thaumetopoea processionnea* L. ou des *Malacosoma* qui sont caractérisées par une accumulation des polyèdres dans le cytoplasme.

Plusieurs tissus sont profondément touchés dans les chenilles malades. Ainsi, les déformations nucléaires et l'accumulation des corps d'inclusion sont nettement visibles dans le tissu adipeux, les cellules sanguines et, dans une certaine mesure, dans les cellules des tubes de Malpighi, mais ce sont surtout les cellules épidermiques et péritrachéales (fig. 3) qui sont atteintes, ces dernières étant attaquées sans exception alors que le tissu adipeux (de la même préparation) contient souvent de nombreux noyaux à peine hypertrophiés. Ces altérations sont particulièrement nettes avec la coloration hématoxyline ferrique-erythrosine. On ne relève au microscope aucune altération dans le noyau des cellules appartenant au tube digestif, aux gonades ou aux muscles.

Tous les éléments notés montrent que la flacherie des chenilles de la Noctuelle gamma doit correspondre à une virose à polyèdres. Effectivement nous avons pu mettre les polyèdres en évidence dans les cellules atteintes et ce qui nous a le plus frappés au premier abord est l'opposition existant entre l'uniformité des dimensions des polyèdres à l'intérieur d'une même cellule et l'extrême diversité caractérisant leur taille et leur nombre dans un groupe de cellules du même tissu. En effet, nous pouvons observer, dans une portion du tissu hypodermique ou adipeux, et dans un même champ microscopique, des noyaux contenant un très grand nombre de polyèdres uniformes ayant 1 à 2 μ. Dans des cellules voisines, le noyau, hypertrophié de la même façon, est également bourré de polyèdres de taille homogène mais ayant 4 à 5 μ et en nombre plus réduit. Dans d'autres cellules, le noyau est rempli par quelques polyèdres géants. Ces différences montrent que la taille des corps d'inclusion n'est pas uniquement déterminée par un développement individuel mais par un facteur propre à la cellule, le même facteur étant valable pour la formation de tous les polyèdres de la même cellule. Il semble que la loi du « rapport



FIG. N° 1. — Epithélium de larve de *Plusia gamma* L. atteinte de polyédrie. Corps d'inclusion nucléaires. (Formol salé, Hématoxyline ferrique — Erythrosine 1 : 1 200.)

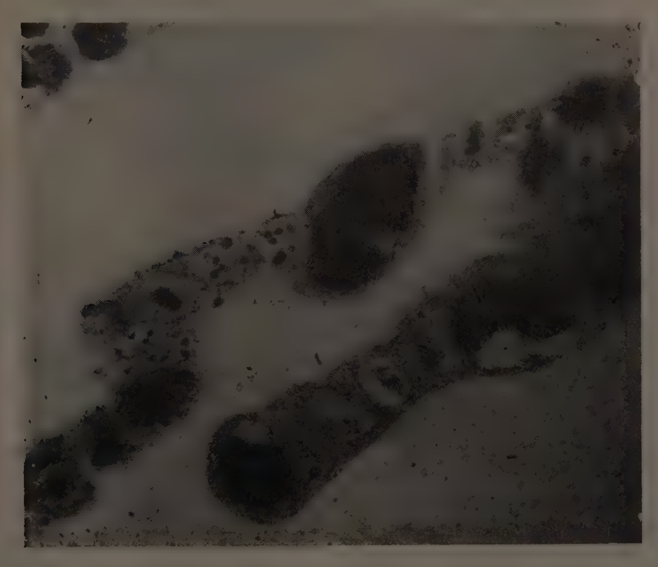


FIG. N° 2. — Tissu adipeux de larve de *Plusia gamma* L. atteinte de polyèdrie. Hypertrophie nucléaire et déformation cellulaire. — *a* : cellule parasitée devenue géante.
(Formol salé, Hématoxyline ferrique — Erythrosine 1 : 1 200.)

entre le nombre initial des éléments capables de se développer et le volume disponible soit à l'origine de ce phénomène ».

Les corps d'inclusion ont un aspect pseudo-cristallin ; ils se distinguent dans une certaine mesure de la plupart des polyèdres, leur section étant plutôt tétragonale. La forme est indépendante des stades de développement et de la diversité de l'origine des chenilles. Le diamètre des corps polyédriques varie de 1 à 5 µ. L'intérieur est réfractaire aux colorants anilines usuels, la coloration élective des contours est très prononcée. Ces corps d'inclusion sont mécaniquement cassables, optiquement inactifs et leur poids spécifique est supérieur à 1. Nous les avons obtenus à l'état très pur en partant des broyats de chenilles malades, par centrifugations fractionnées jusqu'à 6 000 t/min. et homogénéisations alternées.

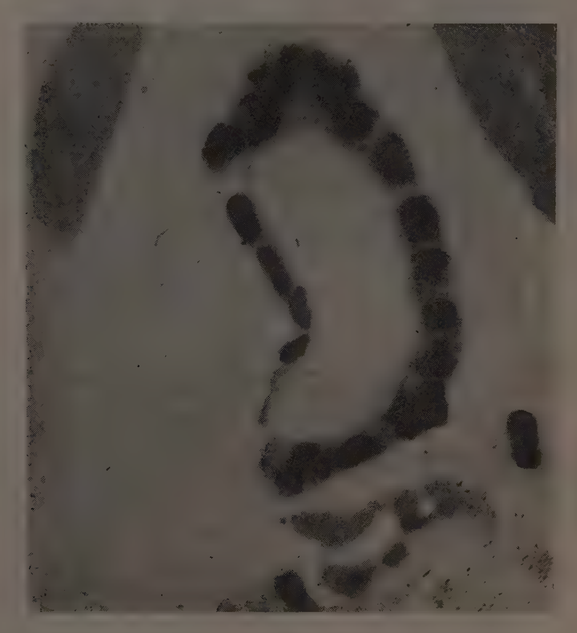


Fig. n° 3. — Cellules péritrachéales de larve de *Plusia gamma* L. atteinte de polyédrie. (Formol salé, Hématoxyline ferrique — Erythrosine 1: 800.)

Action des agents physiques, chimiques et biologiques sur la matière infectieuse

Dans les cadavres décomposés et desséchés, la virulence se conserve pendant un minimum de douze mois. La virulence des polyèdres est détruite par le séjour de ceux-ci dans l'eau bouillante durant 5 minutes.

A une température plus basse (50 à 60° C), celle-ci persiste pendant plus de 15 minutes. Un dessèchement lent à 20° C permet de conserver la virulence pendant un an au minimum. Les polyèdres résistent à l'opération de lyophilisation (1) ; ils ne sont pas inactivés par un séjour de 6 mois dans une solution de NaCl à 1 p. 100. La potasse caustique à 1 p. 100 les détruit en 2 minutes, l'acide trichloracétique à 30 p. 100 en 10 minutes.

Epizootiologie

De premières observations sur l'épizootiologie ont été effectuées dans la nature. Nous citerons parmi elles, à titre d'exemple bien caractéristique, les numérations faites en juin 1951 dans un champ de Lin de 10 hectares, à Germignonville (Eure-et-Loir) sur une population larvaire de Noctuelles gamma où la maladie s'était propagée. Les relevés ont montré que le pourcentage des chenilles ayant pu se nymphoser n'atteignait pas 1 p. 1000. A l'époque où eurent lieu nos observations, il n'y avait plus une seule chenille vivante, mais des cadavres de larves au quatrième et surtout au cinquième âge, à raison de 2 ou 3 par mètre carré. Nous découvrîmes seulement 5 chrysalides dont 2 étaient vivantes ; les trois autres contenaient un liquide noirâtre avec corps d'inclusion.

D'autres observations ont eu lieu dans des élevages où des chenilles au premier âge étaient disposées sur des plantes croissant en pleine terre dans des cages grillagées d'assez grandes dimensions (0,8 × 0,8 × 1 m.). Dans ces élevages, la maladie apparaît régulièrement, indépendamment de l'emplacement des cages et des microclimats. Ainsi, en septembre 1951, lors d'un essai effectué avec un lot de 1 000 chenilles, issues d'imagos capturées en plein air et élevées dans deux cages sur *Stellaria graminea* et *Sonchus arvensis*, l'épizootie s'est déclarée au moment où les chenilles étaient au dernier âge et a provoqué la mortalité de 34 p. 100 des larves. En novembre, nous avons disposé 3 500 chenilles dans 4 cages : toutes ont contracté la maladie, quelques-unes au deuxième âge, la grande majorité aux troisième et quatrième âges. Celles qui arrivèrent à subsister jusqu'en avril moururent dès les premières chaleurs, toujours de la même maladie.

Une troisième série d'observations fut effectuée au laboratoire sur des chenilles ayant pour ascendants quelques adultes capturés en plein air en juillet 1951. Nous disposions ces chenilles en groupes de 25 à 50 dans des cages grillagées de 1 ou 2 dm^3. Ainsi, du mois de juillet 1951 au mois de mars 1953, nous avons pu élever 12 générations successives de *Plusia gamma*, mais l'épizootie, après avoir fait son apparition dès

(1) Des précisions sur la durée de conservation après lyophilisation seront communiquées régulièrement au cours des années suivantes au Centre International de Collections des types microbiens.

la 2e génération, devint enzootie généralisée à la 4e, ne laissant à chaque génération suivante, que quelques individus survivants.

De l'ensemble de ces observations se dégage une aptitude nette de la maladie à l'extension épizootique, aboutissant finalement, à mesure que les générations de Noctuelles gamma se succèdent, à l'établissement d'un état enzootique permanent là où l'Insecte devient un peu abondant.

Phénomènes d'activation

En raison de l'apparition massive et souvent brusque de la polyédrie des chenilles de Noctuelles gamma dans la nature ainsi que de l'irrégularité des débuts du stade épizootique, il était indiqué de rechercher tout particulièrement la présence d'éventuels effets d'activation, comparables à ceux mis en évidence antérieurement sur d'autres viroses du type *Borrelina* (12, 15).

Dans ce but, la technique que nous avons étudiée précédemment, a été appliquée à des chenilles de Noctuelles gamma virosées à savoir : élevage individuel dans des casiers et locaux aseptiques, puis, tests chimiques et physiques sur les chenilles.

L'activation par voie chimique a été recherchée en employant le fluorure de sodium, administré *per os* à raison d'un repas tous les deux jours avec des feuilles de Plantain souillées de solution à 1 p. 1 000 dans l'eau stérile. Les résultats sont donnés dans le tableau I. Un effet activateur du traitement est nettement visible, mais il apparaît des plus irréguliers quant à son intensité.

TABLEAU I

Effet du traitement au fluorure de sodium sur des Chenilles de Plusia gamma L. *apparemment saines au début de l'expérience.*

Lots de 10 chenilles	*Mortalité due à la polyèdrie le 13e jour*	
	Feuilles traitées au F Na	Témoin (eau distillée)
21/21a	7	1
23/23a	7	1
24/24a	5	1
25/25a	9	0
29/29a	2	1
30/30a	2	0
Moyenne	5,33	0,66
Ecart type	2,91	0,29

Parmi les moyens physiques d'activation, déjà expérimentés avec succès chez d'autres espèces, nous avons choisi le ralentissement de l'aération accompagné d'une humidité très élevée (95 à 98 p. 100). Les essais effectués dans une chambre climatisée spéciale ont donné, seize jours

après le début du traitement, des cas marqués de polyédrie. Nous remarquons sur le tableau II l'existence de l'effet activateur comparable, bien que moins prononcé, à celui obtenu par voie chimique.

TABLEAU II

Action d'une forte humidité, en atmosphère confinée, sur des chenilles de Plusia gamma L. *apparemment saines au début de l'expérience.*

Lots de 10 chenilles	*Mortalité due à la Polyèdrie le 13e jour*	
	Aération presque nulle HR : 95-98 %	Témoin Forte aération HR : 60 %
6/ 6a	5	2
9/ 9a	4	0
16/16a	5	0
17/17a	3	1
18/18a	6	1
19/20a	2	0
Moyenne	4,16	0,66
Ecart type	1,46	0,63

Chez diverses viroses du groupe polyédrie a été mis en évidence un effet activateur lié au mode d'alimentation ou aux aliments eux-mêmes (15). Pour étudier ce point, dans le cas de la virose examinée, nous avons nourri des chenilles avec divers aliments : Chou cabus (*Brassica oleracea*), Plantain (*Plantago media*), Laiteron (*Sonchus arvensis*).

Au mois de décembre 1951, nous avons constaté, parmi les chenilles élevées sur pieds de Laiteron en population dense, la présence d'un nombre relativement restreint de larves malades (20 p. 100). A la même époque la maladie provoquait la mort de toutes les chenilles nourries constamment avec du Chou.

Dans le courant de l'automne 1952, dans tous les élevages où les feuilles de choux servaient de nourriture, la polyédrie affectait, suivant les lots, 60 à 100 p. 100 des individus, alors que cette proportion restait toujours inférieure à 60 p. 100 dans tous les lots élevés sur Plantain. L'importance du facteur « aliment » a été particulièrement soulignée à la suite d'expériences où une partie des larves élevées sur Plantain ou sur Laiteron furent transportées au troisième âge, sur Chou. La polyédrie s'est maintenue au même taux d'infestation dans les lots non déplacés, dans les proportions précisées ci-dessus, alors que parmi ceux dont les chenilles changèrent de mode d'alimentation, la mortalité augmentait rapidement et atteignait 100 p. 100.

D'autres études portèrent sur l'influence de l'état physiologique de la plante.

En janvier 1952, nous avons élevé individuellement, dès leur naissance, pour réduire autant que possible les risques de contagion, 100 chenilles ; elles étaient réparties comme suit : 50 disposées sur pieds de Plan-

tain forcés en serre (lot 1) et 50 sur des pieds de Plantain récoltés en plein champ et présentant des feuilles coriaces (lot 2). La vitesse de développement des chenilles ne fut que légèrement ralentie dans le lot numéro 2, mais la taux de mortalité s'élevait à 88 p. 100 alors qu'il atteignait seulement 20 p. 100 dans le lot 1. Les quantités relatives des aliments ingérés furent en gros les mêmes dans les deux lots.

Dans une autre expérience, nous avons cherché à comparer trois types de feuilles des mêmes pieds de Plantain, en opérant avec des élevages individuels de *P. gamma*. On nota :

— Sur feuilles âgées, commençant à se dessécher, 25 p. 100 des larves contractèrent la maladie, mais au cinquième âge seulement.

— Sur feuilles d'âge moyen, mortalité s'élevant à 5 p. 100. Comme dans le lot précédent, toutes les chenilles parvinrent au dernier âge avant que certaines d'entre elles présentent les symptômes de polyédrie.

— Sur feuilles très jeunes, encore jaunâtres, 84 p. 100 des larves furent atteintes, la grande majorité au 3e âge.

Dans une troisième expérience, nous avons élevé individuellement au laboratoire 50 chenilles au 4e âge sur feuilles de Betteraves saines (lot 1) et 50 chenilles, de même provenance et parvenues au même stade de développement sur feuilles de Betteraves attaquées par le Mildiou (lot 2). Dans le premier lot, 96 p. 100 des larves sont parvenues au terme de leur développement, dans le deuxième lot, 6 p. 100 des chenilles seulement ont survécu, toutes les autres sont mortes de maladie. Nous ne sommes pas encore en mesure de préciser si la mortalité enregistrée dans le deuxième lot est due, indirectement, à l'action toxique de substances émises par le Champignon ou au dessèchement de la plante consécutif à l'attaque du parasite, mais ce qui semble certain, c'est l'influence primordiale pour le devenir de l'Insecte, de l'état physiologique de la plante aux dépens de laquelle s'alimente la chenille.

Remarquons toutefois, que nous avons élevé du mois de juin 1949 au mois de juillet 1950, plusieurs générations de Noctuelles gamma dans les mêmes conditions qu'en 1951-52, et nous n'avons à aucun moment remarqué dans les élevages faits à cette époque la présence de chenilles malades. L'épizootie ne fit son apparition qu'au mois de juillet 1950 à la suite de croisements effectués entre les papillons de nos élevages et les adultes capturés en plein air.

Conclusions

Les larves du Lépidoptère *P. gamma* L. sont sujettes à une maladie s'extériorisant comme une flacherie et dont l'agent pathogène est un virus du groupe *Borrelina* : les altérations provoquées sont strictement nucléaires avec formation de corps d'inclusion à section tétragonale.

L'histologie des tissus atteints a permis d'approfondir l'étude du problème de la formation des corps polyédriques.

Si nous tenons compte du fait que les Imagos de l'espèce *Plusia gamma* L. sont susceptibles de migrer sur de vastes étendues, il semble qu'un élément important dans l'apparition de la maladie chez des populations larvaires accomplissant leur cycle de développement dans une contrée parfois très éloignée du lieu d'origine de leurs parents, soit la possibilité pour les adultes de transmettre les germes à leur descendance.

La qualité des aliments ingérés et certains facteurs abiotiques, physiques ou chimiques, peuvent provoquer chez un pourcentage plus ou moins important de chenilles porteuses de germes, un véritable déclenchement de l'évolution morbide qui serait à l'origine d'une maladie pouvant prendre par la suite un caractère épizootique plus ou moins accentué.

Reçu pour publication le 18 avril 1955

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) Bergold (G. H.). — Fortschritte und Problem auf dem Gebiete der Insektenviren. *Zeitschr. Angew. Ent.*, **33**, 267, 1951.

(2) Boldirev (I.). — Instructions for the control of *P. gamma* and its larvae. *Publ. Ozra. Nat. Com. Agric. Moscow*, **29**, 1923, ref. Anglais.

(3) Keler. — *Plusia gamma* L. — The damage it does and its control. *Gaz. cukrown* nº 36, 8 pp., Warsaw, 1928.

(4) Krasucki (A.). — *Plusia gamma* L. a pest of cultivated Plants and its mass occurence in 1922 (in Polish). *Choroby i Szkodniki Roslin*, i, nº 3, 1-11, Warsaw 1925 (rés. all.)

(5) Lepine (P.), Vago (C.) et Croissant (O.). — Mise en évidence au microscope électronique du virus de la polyédrie de *Plusia gamma* L. (*Lepidoptera*). *Ann. Inst. Pasteur*, **85**, 654-656, 1953.

(6) Mokrzecki (Z.). — Sprawozdanie Z dziabanosci Zakladow okrony Lasu i Entomologyi w Skierniewicach (Report on the Institute of Forest. Protection and Entomology at Skierniewice, Poland). *Ecole Sup. Agric. à Varsovie* i, 23 pp., 1922.

(7) Pape (H.). — Zum Frass der Gammaeuleuraupe auf Kartoffelschlägen. *Nachr. Bl. Deuts. PflanzenschutzDienst*, **8** (9), 81-82, 1928.

(8) Picard (F.). — Les Entomophtorées ; leur parasitisme chez les Insectes. *Bull. soc. Etude vulg. Zool. agric.* Bordeaux, **13**, nºˢ 1, 2, 3, 4, pp. 1-7, 25-30, 37-40, 62-65, 1914.

(9) Steinhaus (E. A.). — Polyhedroses (Wilt diseases) of the Alfalfa Caterpillar. *J. Ec. Ent.*, **41**, 659-665, 1949.

(10) Steinhaus (E. A.). — Nomenclature and classification of Insect viruses. *Bact. Rev.*, **13**, 203-223, 1949.

(11) Sylven (E.). — Undersokmigar over gammaflyet *Plusia gamma* L. *Med. Växtshyddranst.* Stockholm, **48**, 42, 1947, rés. anglais.

(12) Vago (C.). — Phénomènes de « Latentia » dans une maladie à ultravirus d'insectes. *Rev. Canad. Biol.*, **10**, 299, 1951.

(13) Vago (C.). — La polyédrie de *Thaumetopoea pityocampa*. *Ann. I. N. R. A.* ser. C, **3**, 319-332, 1953.

(14) VAGO (C.). — Sur une virose du type « Polyédrie » particulière à la Processionnaire du Chêne : *Thaumetopoea processionea* L. (*Lepidoptera*) *Rev. Forestière française*, n° 10, 654-656, 1953.

(15) VAGO (C.). — Les facteurs alimentaires et activation des viroses latentes chez les Insectes. *VIe Congr. Intern. Microbiologie*, Rome 1953.

(16) VASSILIEV (E. M.). — Report of the Work of the Entomological Branch of the Myco-Entomological Experiment Station of the all-Russian Society of Sugar-refiners (in Smiela, govt of Kiev in 1914, 74 pp., Kiev 1915).

CENTROSPORA ACERINA (HART.) NEWHALL PARASITE DES CULTURES DE PENSÉE

PAR

G. VIENNOT-BOURGIN

Laboratoire de la Chaire de Botanique et de Pathologie végétale.
Institut National Agronomique, Paris

PLAN DU MÉMOIRE

INTRODUCTION

Le dépérissement des plantules d'Érable, des cultures de Pensée et de Primevère en Europe, la pourriture noire des racines de Céleri en Amérique du Nord, sont reconnus aujourd'hui comme pouvant être causés par une même espèce de Dématiacée : *Centrospora acerina* (Hart.) Newhall. Ce champignon, d'importance économique certaine, a fait l'objet, de 1940 à 1945, tant au Danemark qu'aux États-Unis, d'études indépendantes, momentanément ignorées d'un continent à l'autre par suite de la rupture des rapports internationaux. Pour cette raison, ses dénominations générique et spécifique définitives n'ont été établies que tardivement, compte tenu d'une synonymie particulièrement compliquée.

Si *Centrospora acerina* a été constaté en France, sous la dénomination de *Cercospora acerina* Hart. par ARNAUD (1918), sur les cotylédons de semis d'Érable provenant de Châlons-sur-Marne, il semble que dans notre pays, il n'ait jamais, à ce jour, été considéré comme un parasite important. Des observations concordantes, réalisées depuis 1952 dans plusieurs centres horticoles de la région parisienne (Saint-Germain, Chatou, Verrières-le-Buisson, et plusieurs exploitations horticoles de la Vallée de Chevreuse) ont montré la présence de *Centrospora acerina* dans les cultures de Pensée : *Viola tricolor* L. var. *hortensis* Wettst. et *Viola cornuta* L. Cette Dématiacée y provoque souvent des dommages étendus pendant la période hivernale. Les manifestations pathologiques n'ayant pas été étudiées en France sur cet hôte, nous les préciserons en même temps que nous procéderons à l'étude morphologique et biologique de l'agent causal [1].

I. — POSITION SYSTÉMATIQUE DU PARASITE

Centrospora acerina a d'abord été décrit sous le nom de *Cercospora acerina* Hart. par R. HARTIG (1880) comme un parasite des cotylédons et des jeunes tiges d'*Acer* d'après des échantillons récoltés en 1876 à Laybach en Carniole (Autriche), puis, en 1880, au Jardin de botanique forestière de Munich. Les symptômes maladifs consistent en un dessèchement des lames cotylédonaires sous forme de macules brunâtres avec corrosion plus ou moins accusée des tissus.

Une étude de FRANK place le champignon dans le genre *Sporodesmium* sous le nom de *S. acerina* (Hart.) Frank (1896).

Les observations de ARNAUD (1918) confirment la description de HARTIG tout en limitant les lésions aux cotylédons qui portent des taches déprimées à bords très nets, s'élargissant rapidement et s'estompant suivant leur marge. Le stade final correspond à la pourriture de l'organe. Mis en chambre humide, les parties altérées se couvrent bientôt de mycélium et de conidies que ARNAUD reconnaît comme étant incolores, ce qui lui permet de classer le champignon dans le genre *Cercosporella* avec la désignation : *C. acerina* (Hart.) Arnaud.

En Suisse, au cours de l'automne et de l'hiver 1921-22, OSTERWALDER (1924) constate, sur les Pensées, des taches circulaires d'abord petites, 0,5 mm de diamètre, puis atteignant plusieurs mm, à centre brun-foncé, auréolées d'une zone translucide pâle. Disposées en atmosphère humide, les feuilles ainsi maculées, produisent rapidement des conidies. L'isolement en culture pure montre que le mycélium, d'abord ténu et hyalin, devient rapidement noir par suite de la formation d'hyphes composés d'articles

[1] Il ne s'agit ici que de la production du Plant de Pensée et de la fleur destinée à la constitution des corbeilles et bouquets. La culture de la Pensée, réalisée en Anjou et en Haute-Savoie, ainsi que dans le Midi de la France, a pour objet la production des graines.

en tonnelet ou globuleux, à paroi épaisse, brun-obscur. L'infection à l'aide des cultures ainsi réalisées montre le rôle pathogène du champignon et permet de reproduire les taches caractéristiques sur les feuilles de Pensée. Le parasite est décrit en tant qu'espèce nouvelle sous le nom de : *Cercospora macrospora* Osterw.

Très peu de temps après, en Hollande, WESTERDIJK et van LUIJK (1924) décrivent, sur *Carum carvi*, une forme d'anthracnose. Le champignon isolé manifeste une telle variabilité quant à la nature des spores, qui sont pourvues d'un appendice basal particulier, que les auteurs, tout en le rangeant dans le genre *Cercospora*, envisagent qu'il pourrait admettre une autre définition générique. L'espèce est désignée : *Cercospora cari* Westerd. et v. Luijk.

D'après NEWHALL (1946), qui en examina les spores en même temps que C. CHUPP, *Cercospora praegrandis* Sprague (1937), décrit dans l'Orégon, est identique à l'espèce observée par WESTERDIJK et van LUIJK. Ce *Cercospora* se développe sur *Osmorhiza brevipes* qui est une plante de la famille des Ombellifères voisine des genres *Apium*, *Carum*, *Petroselinum*.

A partir de cette époque, les observations concernant les altérations provoquées par *Centrospora acerina* se multiplient tant en Europe qu'en Amérique du Nord. C'est d'abord NEWHALL (1941) qui décrit, sous le nom de « greenish black rot », une maladie du Céleri dans l'État de New York. Le champignon, à mycélium toruloïde, produisant des conidies hyalines ou subhyalines pourvues d'un appendice basal (ce qui le distingue du genre *Cercospora*), est comparé à l'espèce isolée en Hollande par WESTERDIJK et van LUIJK.

NEERGAARD (1942), étudiant au Danemark un parasite des racines du Persil (*Petroselinum sativum*), tout en considérant le champignon comme voisin des *Cercosporella*, mais sans faire de rapprochement avec *Cercospora macrospora* Osterw., ni avec *Cercosporella acerina* (Hart.) Arnaud, le caractérise dans un genre nouveau : *Centrospora*. Les conidiophores hyalins, solitaires ou parfois fasciculés, naissent sur des hyphes d'abord hyalins puis brunâtres, noueux, dont les articles sont comparables à des chlamydospores. Les conidies, à 6-7 cloisons transversales, obclaviformes, longuement effilées, mesurant : 105-203 × 6-9 µ, présentent un appendice réfléchi, continu ou pourvu de 1-2 cloisons, mesurant : 30-150 × 2,3-3 µ. Le champignon est désigné : *Centrospora Ohlsenii* Neerg.

L'année suivante, NEERGAARD (1943) rapporte les dommages graves constatés, en novembre 1942 dans le sud du Jutland sur *Viola tricolor* var. *hiemalis*. La présence du champignon est reconnue sur les graines de nombreuses capsules, ce qui incite l'auteur a recommander la désinfection des semences en même temps que le traitement du sol destiné à tuer le mycélium vivace. La présence du *Centrospora* à la fois sur Persil et sur

Viola permet à NEERGAARD de réviser la dénomination spécifique, et compte tenu des observations de OSTERWALDER, le champignon devient : *Centrospora macrospora* (Osterw.) Neerg.

Indépendamment des observations de NEERGAARD, et sans pouvoir tenir compte de la création du nouveau genre *Centrospora*, NEWHALL (1944) poursuit ses études sur la pourriture des souches de Céleri et propose de distinguer sous la dénomination de « black crown rot » une maladie dont le facies diffère de ceux provoqués par *Botrytis cinerea* Pers., *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de By., *Phoma apiicola* Kleb. et *Erwinia carotovora* (Jones) Holland. En comparant d'une part le champignon du Céleri avec *Cercospora macrospora* Osterw. dont la description est accompagnée d'un dessin des spores dans lequel l'appendice réfléchi est nettement figuré, et d'autre part avec un spécimen de ce *Cercospora* sur *Viola* récolté par C. F. GRAVATT en Alaska en 1934, et enfin avec une culture pure obtenue en 1941 par TOMPKINS, NEWHALL admet l'identité du parasite du Céleri et de la Pensée. Il réussit l'infection expérimentale du premier au second hôte, et considère en outre que *Cercospora cari* Westerd. et v. Luijk appartient à la même espèce. La présence de l'appendice sur des conidies hyalines, puis faiblement brunes, incite à la création du genre *Ansatospora* dont *A. macrospora* (Osterw.) Newhall est le type Peu après, dans l'Ontario, TRUSCOTT (1944) étudie une nécrose brune, puis gris-verdâtre et finalement noire des souches de Céleri en cours de conservation. L'altération, qui atteint la base des pétioles et en provoque la pourriture , reste bénigne pendant les 2 premiers mois ; elle se développe ensuite très activement et peut intéresser la totalité des souches conservées. Le champignon isolé est identifié à *Ansatospora macrospora* (Osterw). Newhall. En plus du Céleri, il peut attaquer la Betterave, le Rutabaga et les tubercules de Pomme de terre.

La pléophagie du champignon, déjà apparente, se trouve confirmée par les observations de RADER (1945) qui, dans l'État de New York, constate sur la Carotte une pourriture noire de la racine et du collet. Les lésions ressemblent un peu à celles provoquées par *Alternaria radicina* Meier, Dreschsler et Eddy. Elles s'en distinguent cependant par la marge de la zone pourrie qui est brune tandis que dans le cas de *Alternaria* elle devient noire. Au Danemark (1945) NEERGAARD rapporte pour la première fois la présence de *Centrospora macrospora* en tant qu'agent de pourriture des racines de *Primula malacoides*, les dégâts pouvant être estimés à 50 p. 100 de la production. En Norvège, JORSTAD définit *Centrospora macrospora* sur *Viola cornuta* et sur *Iris germanica*.

A cette époque 2 désignations génériques existent pour le même champignon : *Centrospora macrospora* (Osterw.) Neerg. en Europe et *Ansatospora macrospora* (Osterw.) Newhall en Amérique du Nord. C'est alors qu'intervient la remarque de HANSEN et TOMPKINS selon

laquelle le champignon cause de l'altération des souches de Céleri, qui provoque aussi l'anthracnose du *Carum carvi* et la formation de macules foliaires sur la Pensée, est identique à *Cercospora acerina* Hart. L'examen des dessins de HARTIG montre les conidies typiques et le mycélium de couleur foncée du parasite qui est alors désigné *Ansatospora acerina* (Hart.) Hans. et Tompk.

NEWHALL (1946) adopte non seulement le point de vue de HANSEN et de TOMPKINS, mais réussit à infecter expérimentalement les cotylédons de *Acer pseudoplatanus* à l'aide d'une culture réalisée à partir du Céleri. Il s'agit donc bien d'une seule et même espèce sans distinction raciale apparente. En même temps, NEWHALL constate la priorité du genre *Centrospora* (1942) sur le genre *Ansatospora* (1944), et propose la désignation définitive de *Centrospora acerina* (Hart.) Newhall. Cette dénomination a été publiée très peu de temps avant notre travail qui figure dans la *Revue de Mycologie* (t. X, fasc. 5-6, 1er décembre 1945), mais dont la parution s'est trouvée notablement retardée,et dans lequel nous proposions la même désignation.

En conclusion, la synonymie de *Centrospora acerina* (Hart.) Newhall s'établit comme suit :

Cercospora acerina Hartig, 1880.
Sporodesmium acerina (Hart.) Frank, 1896.
Cercosporella acerina (Hart.) Arnaud, 1918.
Cercospora macrospora Osterw., 1924.
Cercospora cari Westerd. et v. Luijk, 1924.
Cercospora praegrandis Sprague, 1937.
Centrospora Ohlsenii Neerg., 1942.
Centrospora macrospora (Osterw.) Neerg., 1943.
Ansatospora macrospora (Osterw.) Newhall, 1944.
Ansatospora acerina (Hart.) Hans. et Tompk., 1945.
Centrospora acerina (Hart.) Vienn.-Bourg., 1946.

Récemment NEERGAARD (1950) signale la présence de *Centrospora acerina* sur *Primula veris* cultivé en serre dans l'île de Seeland (Danemark). La même année, TOMPKINS et HANSEN (1950) décrivent les symptômes maladifs sur *Viola tricolor* et *V. cornuta*, ainsi que sur un grand nombre de plantes-hôtes naturellement infectées ou soumises à l'inoculation expérimentale en Californie.

En 1951 NEERGAARD et NEWHALL précisent les caractères physiologiques et pathologiques du parasite en énumérant les nombreuses plantes-hôtes susceptibles de l'héberger.

Les observations rapportées dans ce qui suit concernent plus spécialement le comportement de *Centrospora acerina* sur la Pensée : *Viola tricolor* var. *hortensis*.

II. — SYMPTOMES SUR *VIOLA TRICOLOR* VAR. *HORTENSIS*

L'aspect des lésions foliaires est décrit par Osterwalder (1924) puis par Tompkins et Hansen (1950). Il y a lieu d'insister cependant sur l'as-

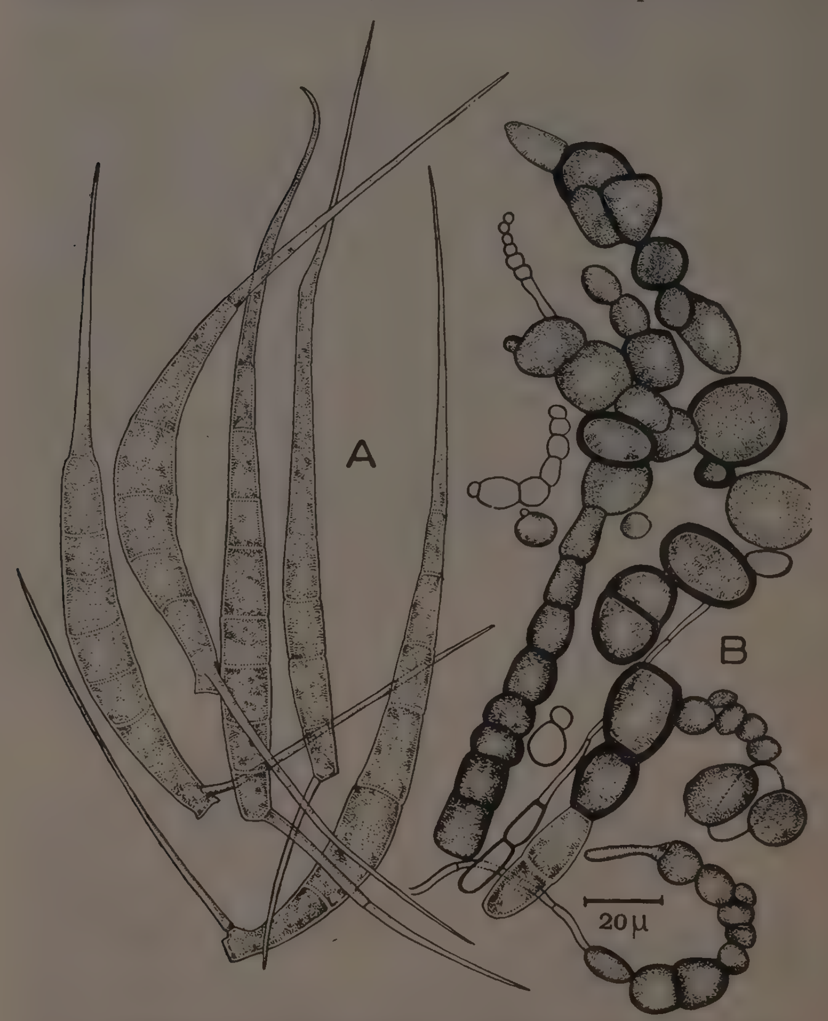


Fig. 1 — *Centrospora acerina* (Hart.) Newhall. A — conidies prélevées sur feuille de Pensée. B — mycélium durable à articles épais prélevé sur une tige de *Viola tricolor* var. *hortensis*.

pect général de la plante, la nature des taches au début de leur évolution, la pigmentation des zones altérées.

a) **Aspect général de la plante**. — Sur *Viola tricolor* var. *hortensis*, le développement de *Centrospora acerina* se réalise de septembre à mars, en

pépinière ou en plein champ, aussi bien sur les jeunes plantules ayant seulement 2 feuilles développées que sur les plantes adultes portant des boutons floraux ou même des fleurs largement épanouies. Cependant le nombre des taches augmente sensiblement depuis le moment où s'est constituée la rosette foliaire jusqu'à la fin de la végétation de la souche formée. Cette augmentation est en relation avec l'accroissement de la surface foliaire, de la compacité du feuillage, donc du tassement des plantes les unes contre les autres. Lorsque les feuilles portent un nombre important de taches (celles-ci pouvant se produire en même temps ou apparaître à quelques jours d'intervalle) le limbe, puis le pétiole, se flétrissent en se recroquevillant. Les entre-nœuds, relativement courts et serrés, se dénudent inégalement, les pousses florales deviennent tortueuses en s'allongeant. Étant donné que toutes les parties aériennes sont susceptibles d'être envahies, on constate des taches sur le pédoncule floral, le calice et même la corolle non éclose. Sur des souches ainsi attaquées, le pédoncule reste court et ne se dégage pas du bouquet foliaire ; il prend une position oblique ou même horizontale si bien que le bouton floral reste enfoui dans le feuillage. La fleur ne s'épanouit pas, ou s'ouvre incomplètement, et l'on constate souvent une pourriture partielle ou totale de la corolle.

Dans certaines variétés, l'aspect maladif se complète par le développement anormal des bourgeons axillaires. Les feuilles qu'ils produisent restent cependant petites et de couleur vert-pâle, parfois jaune. Finalement, il ne reste plus qu'une ou plusieurs tiges aux limbes languissants ou pourris. Les restes des feuilles s'appliquent sur la tige qui apparaît ainsi à peu près complètement dénudée. Par places, et le plus souvent à la base des tiges, on observe des plaques noires ou brun-grisâtre, faiblement adhérentes, constituées en majeure partie par du mycélium durable (*cf. infra*).

b) **Nature des taches.** — L'apparition des premiers symptômes maladifs sur la feuille est révélée par la formation de macules en taches arrondies, ovales, ou à contour irrégulier, d'un violet plus ou moins obscur, à surface mate. Ces taches sont d'abord très petites, de 1 à 2 mm de plus grand diamètre, souvent nombreuses pour un même limbe et réparties sans ordre. Elles sont éparses, tantôt formées aux dépens du parenchyme foliaire, tantôt s'appuyant et s'étirant le long de la nervure principale ou secondaire. Ces macules ne modifient pas sensiblement la surface foliaire ; elles sont visibles et plus précises du côté de l'épiderme supérieur que du côté inférieur qui devient parfois translucide.

Des taches semblables se constituent aussi sur le pétiole, le pédoncule floral et le calice. Sur le pétiole se produit bientôt un affaissement du centre de la macule. Quant à la corolle du bouton encore fermé, ou de la fleur éclose, il porte des taches un peu différentes, à marge étoilée ou un peu fibrilleuse, violet à brunâtre, dont la surface se crispe irrégulièrement.

Ce stade initial est à la fois très rapidement réalisé (10-12 heures après inoculation) et fugace ; mais étant donné qu'il se produit constamment des infections nouvelles provenant de la germination des conidies formées, on peut observer facilement sur le même limbe les passages entre une macule initiale et une lésion évoluée.

Au fur et à mesure du développement d'une macule, la partie centrale d'une tache violette se distingue bientôt sous forme d'une zone circulaire blanchâtre ou rousse suivant les cas, cernée d'un anneau dont la couleur varie du brun-roux au pourpre foncé (*cf. infra*). A partir de ce moment, la tache se développe activement, les zones tissulaires brunes alternant avec des auréoles régulières et pigmentées. 2 jours après le début de la formation d'une tache, celle-ci a atteint 4 à 7 mm de diamètre, elle comporte 2 à 3 anneaux ou ovales pigmentés et se trouve limitée, à sa marge, à la fois par une auréole bleu-noir et par un halo jaunâtre qui entame les tissus périphériques. La production de la tache n'est pas modifiée par la contiguïté avec une nervure petite ou grosse.

Au stade ultime, au moment du flétrissement foliaire, il se développe, à la face inférieure des macules, une pourriture sèche ou humide avec brunissement ou noircissement généralisé des tissus altérés.

c) **Pigmentation des zones altérées.** — Les descriptions de *Centrospora acerina* diffèrent en ce qui concerne l'importance du développement et la couleur du pigment que l'on voit apparaître aussi bien dans les cellules épidermiques et parenchymateuses des cellules altérées des feuilles de Pensée malades que dans les isolements réalisés sur les milieux les plus divers sur boite de Petri. TRUSCOTT (1944) a obtenu des colonies auréolées d'anneaux verts ou rougeâtres en utilisant le milieu Pomme de terre gélosé. Il constate que la nature du pigment varie suivant l'origine de l'isolement, certaines souches produisant constamment une pigmentation rouge, d'autres variant du vert au rouge sous l'effet de la température. La pigmentation rouge se manifeste surtout pour des cultures croissant au voisinage de 27° tandis que les cultures conservées à 18°5 émettent un pigment vert. TRUSCOTT a également montré que des cultures recevant 4-15 gouttes d'une solution aqueuse et 14 p. 100 d'acide borique acquièrent une coloration rose. TOMPKINS et HANSEN (1950) ont constaté que un à deux jours après inoculation des feuilles de Pensée, le centre des lésions prend une coloration brune ou noire tandis que le pourtour en est bleu-noir. NEERGAARD et NEWHALL (1951) cherchent à préciser la nature de la pigmentation et démontrent que son intensité est fonction de la durée d'exposition à la lumière naturelle ou électrique. En soumettant des cultures obtenues à partir de *Primula malacoides* disposées sur malt en boîte de Petri à des alternances de lumière et d'obscurité, NEERGAARD obtient des séries d'anneaux concentriques pigmentés limitant des zones non pigmentées, tandis que des cultures disposées dans des boîtes de Pétri con-

stamment enveloppées dans un papier opaque ne révèlent aucun pigment et que des cultures soumises à une lumière continue manifestent une pigmentation rouge uniforme. L'épaisseur de l'anneau pigmenté, de même que l'intensité de la pigmentation sont fonction de la durée d'exposition. Pour NEWHALL et NEERGAARD (*l. c.*), confirmant l'observation de TRUSCOTT (*l. c.*), la faculté de production de pigment dépend à la fois de l'origine de l'inoculum et de l'hôte mis en présence. C'est ainsi que l'isolement réalisé à partir de *Primula malacoides* donne une pigmentation moyenne en présence de cet hôte, tandis que cette pigmentation est plus prononcée au contact de *Brassica oleracea* et par contre nulle en présence de jeunes semis de *Lycopersicum esculentum*. Cependant, sur *Brassica oleracea*, une culture provenant d'un isolement réalisé à partir de *Primula veris* ne procure aucune pigmentation.

L'apparition plus ou moins intense de bandes circulaires pigmentées n'est pas seulement un phénomène visible sur les cultures du champignon, il est également perceptible sur les feuilles de *Viola tricolor* var. *hortensis* observées en surface ou, de préférence, en sections transversales. En effet, les taches provoquées par *Centrospora acerina* aux dépens du mésophylle, distantes des nervures qui en troublent la régularité, apparaissent le plus souvent brunes en leur centre, puis alternativement zonées de brun-rouge à brun-crême (suivant la variété), ces zones étant séparées par un anneau ou une bande ovalaire roux-obscur quelquefois très précis. A cette bande correspond, dans les cellules épidermiques et dans la paroi des cellules du tissu lacuneux, un dépôt de pigment rose ou rougeâtre. Sur des plantes conservées au Laboratoire et soumises, après inoculation artificielle ou naturelle, à la présence constante d'une lumière diffuse, on constate, par contre, peu de modification dans la couleur initiale pourpre ou noirâtre des lésions primaires. Il n'y a pas zonation des tissus lésés.

Étant donné le développement très rapide des macules foliaires, on peut admettre que :

1° Dans le cas de feuilles soumises aux conditions naturelles, c'est-à-dire aux alternances de jour et de nuit, ou tout au moins d'ombre et de lumière, lorsque la partie centrale de la macule reste étroite et se cerne rapidement d'une auréole pigmentée, elle correspond au développement initial nocturne. La production continue de zones sombres et claires est liée à la succession des jours et des nuits. Elle permet d'apprécier la durée d'évolution des lésions, soit en moyenne 3 à 4 jours.

2° Au Laboratoire, le maintien des lésions primaires en lumière diffuse, mais constante, favorise la dilution du pigment qui se trouve constamment produit uniformément et en faible quantité.

III. — NATURE ET ORGANISATION DU MYCÉLIUM

NEERGAARD (1942), puis NEWHALL (1944), caractérisent *Centrospora acerina* par les modifications rapides (au-delà de 8-10 jours après ensemencement), constatées sur des cultures pures, concernant à la fois la structure et la coloration du mycélium. Les hyphes mycéliens, d'abord hyalins, grêles, ayant tout au plus 3 µ de diamètre, deviennent peu à peu brunâtres, puis brun-olive foncé, tandis que les articles qui les composent se contractent en sphérules ou en tonnelets pouvant alors atteindre 8-22 µ de diamètre.

Nos observations de l'hiver 1952 ont porté principalement sur le développement du mycélium et sur le mode de formation des conidiophores et des conidies à l'intérieur et à la surface des feuilles de Pensée.

La pénétration du champignon a lieu initialement par voie stomatique, mais lorsque les taches s'agrandissent, tandis que se dessinent les premières auréoles pigmentées, le mycélium circule à la fois en surface et en profondeur et bénéficie des nombreuses ruptures cuticulaires et épidermiques qui se produisent. Dans le cas le plus simple, c'est-à-dire lors de la formation d'une lésion jeune, le filament germinatif issu de l'une des loges de la conidie, rampe le long des parois de la chambre sous-stomatique sans se diviser, puis il pénètre entre les cellules de la couche hypodermique et se développe alors tangentiellement. Très rapidement il donne des ramifications très divergentes sous forme de fins filaments (1-2,5 µ de diamètre), incolores, brillants. Au fur et à mesure que se prononce la nécrose, il se produit une désarticulation du plancher hypodermique par rapport aux cellules du tissu lacuneux. Cette désarticulation se complique de l'inflexion des cellules épidermiques qui, chez *Viola tricolor* sont plus hautes que larges et à peine soutenues par une mince cuticule sauf cependant au niveau du tissu conducteur où les parois sont plus fortes et la cuticule plus épaisse et canaliculée.

La destruction tissulaire, liée à l'affaissement hypodermique, se poursuit régulièrement tandis que le réseau mycélien se complique et devient intercellulaire. Il s'insinue dans le tissu lacuneux tout en restant localisé aux assises les plus externes et produit des prolongements qui deviennent extérieurs au limbe. C'est aux dépens de ceux-ci que, de place en place se forment les conidiophores portant une ou plusieurs conidies pleurogènes. Finalement les parties tuées du mésophylle, pigmentées ou non, sont recouvertes d'hyphes grêles, entrelacés, hyalins, peu ou pas appliqués sur la surface épidermique fortement altérée.

Plus rarement, on peut observer la formation de conidies à la face supérieure du limbe. L'origine de ces spores doit être considérée comme le résultat de la prolifération hyphale après pénétration par un stomate

(le nombre des stomates étant à peu près le même sur la face supérieure que dans l'épiderme inférieur). Mais il est vraisemblable d'admettre que le filament germinatif ne trouve pas fréquemment, de ce côté de la feuille, des conditions de développement aussi favorables que sur l'épiderme inférieur. Dans quelques cas exceptionnels, on assiste également à la traversée complète du mésophylle par le mycélium interne. Bénéficiant de

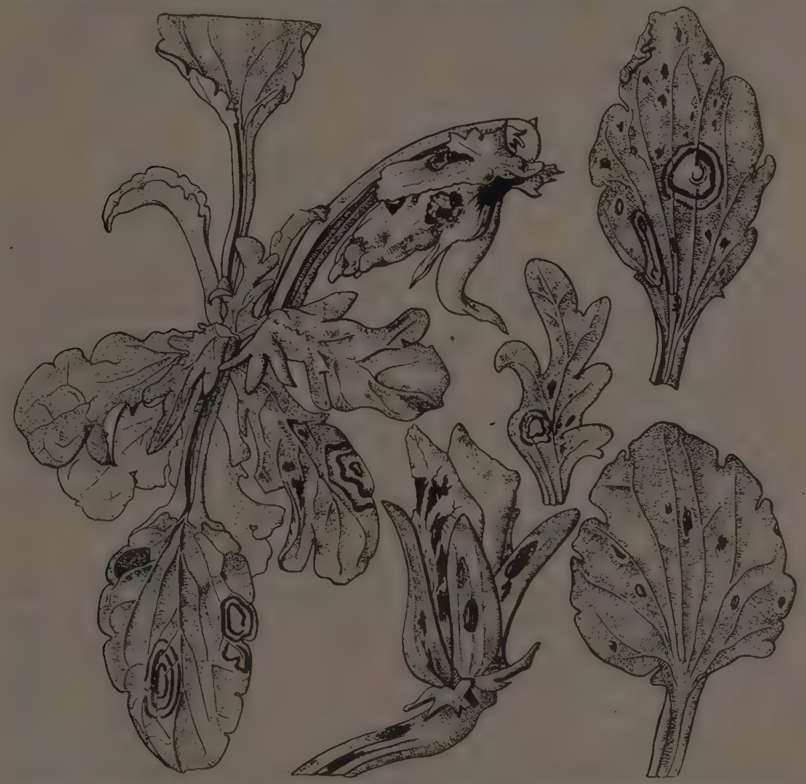


FIG. 2 — *Centrospora acerina* (Hart.) Newhall. Altérations en macules, sur les feuilles de Pensée, à différents stades de développement.

la rétractation et de la désorganisation tissulaires, il passe, sous forme de filaments isolés, de l'épiderme inférieur à l'épiderme supérieur et produit alors des conidies sur les deux faces du limbe. Ce mode de développement n'est pas spécial à *Centrospora acerina*. Il se manifeste dans le cas de *Cercospora musae* Zimm., *C. beticola* Sacc., ainsi que pour *Heterosporium gracile* (Wallr.) Sacc. et sans doute pour beaucoup d'autres espèces maculicoles.

Quant au mycélium brun plus ou moins obscur, décrit successivement par OSTERWALDER (1924), puis NEERGAARD et NEWHALL, on ne

l'observe que sur les parties décomposées des feuilles de Pensée. Le rapport avec le mycélium végétatif n'a pu être perçu et l'identification ne se réalise qu'en tenant compte du développement du champignon en milieu synthétique. Il se présente sous forme de filaments isolés. De place en place, ou en chaîne continue, se forment des articles globuleux, cylindriques ou en tonnelet, dont le diamètre très supérieur à celui des articles du filament végétatif permet (selon NEERGAARD, 1942), de les comparer à des chlamydospores. Ce mycélium ne porte jamais de conidiophores ; il constitue vraisemblablement un moyen de conservation du champignon (1).

IV. — NATURE DES SPORES

Les conidies de *Centrospora acerina* naissent, à partir du mycélium, sur des conidiophores hyalins, très inégaux entre eux, solitaires ou faiblement fasciculés, qui se présentent d'abord comme de simples diverticules érigés de l'hyphe porteur. Un peu au-dessous de leur sommet se forme bientôt la première conidie qui, après détachement, laisse la cicatrice de son insertion sous forme d'un plateau oblique de 5-7 μ de diamètre. La croissance du conidiophore n'étant pas interrompue par la production de la conidie, son extrémité diverge et porte bientôt la conidie deuxième sensiblement alterne par rapport à la première. Le conidiophore devient alors zigzaguant ; le nombre des conidies formées sur le même conidiophore variant de 1 à 8.

Les conidies hyalines, septées transversalement 5 à 8 fois, sont longuement ovoïdes, obclaviformes ou le plus souvent falciformes à base tronquée, insensiblement amincies dans la partie apicale en un bec long et grêle. La loge basilaire à peu près cylindrique, est souvent pourvue latéralement d'un appendice grêle, droit ou en ergot, continu ou 1-2 fois cloisonné, qui s'insère suivant un angle variant de 30° à 45°. Les dimensions des conidies prélevées sur *Viola tricolor* var. *hortensis* s'établissent comme suit : 110-208 × 8-13 μ. Ces mesures correspondent sensiblement à celles indiquées par NEERGAARD (1942) : 105-203 × 6-9 μ avec 6-12 cloisons pour des spores prélevées sur racine de Persil ; ou par NEWHALL (1944) : 120-210 × 6-10 μ avec 4-11 cloisons pour des conidies sur Céleri. Les dimensions des spores, établies par JORSTAD (1945), sont un peu

(1) NEERGAARD indique que certains articles atteignent jusqu'à 30 μ de diamètre. NEWHALL (1944) en a observé qui mesurent 15-18 μ, ceux constatés par nous avaient 8-22 μ de diamètre. Il y a également lieu de noter que HARTIG (1891) précise que le mycélium développé sur les cotylédons d'Érable « s'agglomère en gros sclérotes bruns, garnis de gouttes d'huile, qui passent l'hiver et propagent la maladie l'année suivante ». Le rassemblement des hyphes brunâtres montré par HARTIG est comparé par SALMON (1903) à celui qu'il a observé dans les préparations d'un champignon fossile du Miocène de Sicile décrit sous le nom de *Uncinulites Baccarini* par PAMPANOLI. Cette espèce, rattachée d'abord aux Erysiphacées par son Auteur qui a interprété des spores globuleuses, couvertes d'appendices épineux, comme étant des périthèces, a permis à SALMON de créer le genre *Cercosporites*.

différentes : 73,5-134,5 × 8-11 µ avec 9 cloisons sur *Iris germanica*, et 70-112 × 6-9 µ avec 4-8 cloisons sur *Viola cornuta*.

La conformation et les dimensions de ces spores varient sensiblement suivant la période de récolte et la nature de l'hôte. Nous donnons ci-dessous les chiffres obtenus à la suite d'observations sur différents hôtes spontanés (*cf. infra*).

Date	Hôte	Dimensions des conidies
19/10/53	*Viola tricolor hortensis*	82-212 × 6 - 12 µ
21/1/54	— — —	67-185 × 7 - 11 -
18/2/54	— — —	90-214 × 6 - 12 -
12/10/54	— — —	120-210 × 7 - 13 -
26/12/54	— — —	110-208 × 6 - 13 -
25/2/55	— — —	114-200 × 6 - 11 -
21/1/54	*Viola cornuta*	66-150 × 7 - 11 -
25/2/55	— —	48-200 × 6 - 11 -
18/2/54	*Acer pseudoplatanus*	82-210 × 6 - 13 -
26/12/54	— —	101-180 × 7 - 11 -
25/2/55	*Urtica urens*	54-196 × 8 - 13 -

En ce qui concerne la morphologie des spores, on constate que la présence de l'appendice basal n'est pas un caractère constant. Il est quelquefois prononcé sur toutes les spores observées ; d'autres fois, il se réduit à un faible prolongement ou est même inexistant. Sa présence ne paraît pas en rapport avec les conditions climatiques du moment. C'est ainsi que sur *Viola tricolor* et *V. cornuta*, récoltés le 25 février 1955, seulement 17 p. 100 des spores en présentent un, tandis que sur *Urtica urens*, provenant du même emplacement, 80 p. 100 des spores sont pourvues d'un appendice très développé.

V. — PRODUCTION DES SPORES

La plupart des auteurs qui ont étudié le développement de *Centrospora acerina* sur ses différents hôtes reconnaissent que la production conidienne est constamment réduite. En outre, les essais d'obtention de spores sur les milieux artificiels ont donné des résultats très faibles ou nuls. C'est pourquoi nous nous sommes surtout attaché à observer la formation conidienne sur les milieux naturels.

a) **Production des spores en nature et sur milieu naturel.** — Par examen direct des souches de Pensée parasitées, il est possible d'observer les conidies détachées ou encore en place. C'est surtout sur les feuilles encore mouillées de rosée que l'on peut en prélever en quantité convenable. Par contre, lorsque le feuillage est sec, le nombre des conidies diminue notablement. Leur formation peut cependant se renouveler au cours d'une nouvelle phase humide. Il s'en révèle encore sur des feuilles sèches ou pourrissantes aussitôt examinées après prélèvement.

En mettant des feuilles de Pensée porteuses de lésion en atmosphère

à humidité saturée (en boîte de Pétri sur papier filtre humide) à une température de 15°-16°, on obtient un assez grand nombre de conidies. Celles-ci se rassemblent, après leur détachement, dans les petites concavités de la feuille sous forme d'une efflorescence blanc pur. Certaines d'entre elles germent aussitôt.

Pour recueillir des conidies destinées à être observées ou permettre une mise en culture, nous avons employé la technique suivante qui s'appuie sur le fait que les spores flottent, sans se mouiller, à la surface d'une gouttelette d'eau. Une petite fiole de 40 cm^3, conique, à col étroit, est remplie d'eau ordinaire dans laquelle on découpe des fragments frais de feuilles porteuses de taches développées. Par agitation et malaxage, on provoque le détachement des conidies qui se rassemblent à la surface libre du liquide, dans la partie étranglée du flacon. Ces spores sont ensuite prélevées par aspiration à l'aide d'une pipette Pasteur.

Les résultats ainsi obtenus confirment ceux de NEERGAARD et NEWHALL (1951) qui considèrent que le meilleur moyen d'obtenir des spores consiste à maintenir des fragments infectés de *Primula malacoides*, ou des éclats de Céleri, en goutte pendante d'eau stérile disposée en boîte de Pétri.

Dans une deuxième série d'essais, nous avions constaté que la production des conidies peut être obtenue en utilisant des feuilles sèches, détachées depuis une semaine, et disposées de la même façon que précédemment. Ceci implique une conservation du parasite par voie mycélienne, qui a été reconnue par plusieurs auteurs.

b) **Production des spores en milieu synthétique.** — Sur un milieu à base de Pomme de terre ou de Maïs, NEERGAARD et NEWHALL (1951) ont obtenu une croissance mycélienne rapide. TOMKINS et HANSEN (1950) utilisent un milieu à base de tiges de Pois soumis à une exposition Nord sur une fenêtre, après quoi les inoculations à l'aide de gouttes d'eau chargées de spores ont pu être réalisées en serre froide. En raison des résultats inégaux constatés par NEERGAARD et NEWHALL, nous n'avons pas expérimenté la méthode préconisée par WESTERDIJK et van LUIJK consistant à renverser la lame gélosée d'une culture évoluée de façon à permettre le développement du champignon à travers le milieu et provoquer l'apparition des conidies.

La culture de *Centrospora acerina* a été tentée sur les trois milieux suivants :

A — Gélose — pomme de terre :

	g
Eau	1 000
Pomme de terre	200
Saccharose	20
Gélose	20

B — Sabouraud à teneur en sucre réduite :

	g
Eau	1 000
Glucose massé	30
Peptone granulée de Chassaing	10
Gélose	20

C — Bouillon de Haricots blancs

	g
Eau	400
Haricots	100
Faire bouillir 1 heure, amener le volume à 500 cm³. Ajouter :	
Saccharose	2 g
Gélose	4 –

Sur ces trois milieux, la croissance du mycélium est lente mais progressive. Elle est un peu plus rapide sur le milieu C que sur Gélose Pomme de terre ou sur Sabouraud. En ce qui concerne la production des conidies, elle est réduite sur Gélose Pomme de terre, à peu près nulle sur les deux autres milieux.

La modification dans la nature physique du support gélosé par adjonction de sable pur n'a pas augmenté la faculté de production des spores. Enfin l'emploi de milieux plus spéciaux tels que copeaux de Hêtre, mie de pain ou brisure de Riz s'est avéré peu favorable.

Le comportement de *Centrospora acerina* sur ces différents milieux correspond à celui des *Cercospora* (*C. beticola* Sacc., *C. musae* Zimm.), pour lesquels, à partir des conidies, on obtient difficilement une prolifération mycélienne suffisante et dont la production en conidies sur les milieux synthétiques reste encore exceptionnelle. Constatant cette similitude, nous avons alors utilisé une technique qui a donné quelques résultats dans le cas de *Cercospora musae*. On réalise d'abord une culture de *Cladosporium* sp. parvenu au stade *Hormodendron* sur tube incliné contenant un milieu au Maltea :

	g
Eau	1 000
Maltea Moser	10
Gélose	20

Une semaine après ensemencement, lorsque la culture a envahi toute la surface libre du milieu, celui-ci est refondu au bain-marie, puis mélangé par simple agitation et enfin stérilisé. Le tube gélosé incliné est alors reconstitué et sert à l'ensemencement du champignon à étudier. Par l'emploi de cette technique nous avions obtenu, en ce qui concerne *Cercospora musae*, une végétation mycélienne très accusée, sans toutefois réussir la formation de conidies (1). Pour *Centrospora acerina*, au-delà d'une période de 1 mois, on observe des cultures plus actives, plus rapidement pigmentées, mais la production de conidies ne s'est pas trouvée

(1) Cette technique est très semblable à celle préconisée par H. DARPOUX pour l'étude du *Cercospora* de la Betterave.

améliorée. Il y aurait lieu de poursuivre les essais afin de chercher à définir s'il existe un bios capable d'activer la production sporifère [1].

VI. — GERMINATION DES SPORES

Au moment du plein développement du parasite sur les feuilles de Pensée (observation faite en novembre 1952, température du sol : 5° — observation du début de février 1955, température du sol : — 2°), il est possible de prélever, au contact des macules étendues, des conidies ayant germé ou susceptibles d'entrer en germination. L'infection peut donc ainsi se réaliser à température basse, voisine de 0° ou inférieure. Des conidies germant sont obtenues également en maintenant, sous cloche ou en boîte de Pétri, au Laboratoire, des pieds entiers ou des feuilles détachées. L'atmosphère confinée, saturée d'humidité, une température variant de 12° à 18°, favorisent l'élongation et la ramification du filament germinatif.

Un taux d'humidité élevé constitue le facteur essentiel du développement conidien et de la germination. En mars 1953, des pieds de Pensée abandonnés dans un chassis ouvert et soumis aux variations d'humidité diurnes et nocturnes portent des conidies capables de germer. Un second lot de même origine, abrité sous auvent, produit un petit nombre de conidies inaptes à la germination.

Au Laboratoire, l'étude de la germination s'observe par mise en suspension des conidies dans l'eau en goutte pendante sur anneau de van TIEGHEM. La germination se manifeste aux dépens de l'une ou l'autre des loges de la spore, y compris la partie amincie apicale et l'appendice réfléchi. A une température de 16°, elle débute après 6 heures de mise en observation. 10 à 12 heures après, le filament germinatif a atteint plus de 300 μ de longueur et s'est ramifié. L'hyphe germinatif est un filament grêle (moins de 1 μ d'épaisseur), hyalin, pourvu de nombreuses cloisons rapprochées ; son orientation est quelconque et ne se modifie pas sous l'influence de la lumière.

VII. — PLANTES-HOTES

Une pléophagie accusée, liée à des manifestations d'ordre parasitaire prononcées, constitue l'un des caractères très importants de *Centrospora acerina*. Les travaux successifs relatifs à cette espèce rapportent chaque fois sa présence sur un ou plusieurs hôtes occasionnels nouveaux Compte tenu des résultats obtenus par TOMPKINS et HANSEN (1950), et des leurs propres, NEERGAARD et NEWHALL (1951) publient une liste importante de plantes-hôtes comportant 55 espèces appartenant aux

[1] Le choix d'un *Hormodendron* a été guidé par le fait que, en Guinée française, ce champignon accompagne fréquemment le développement de *Cercospora musae* sur les taches foliaires de *Musa*.

genres et aux familles botaniques les plus divers. En ne considérant que les hôtes de culture répandue spontanément attaqués, on peut établir la liste suivante :

a) **Plantes maraîchères ou de grande culture.**

Allium cepa	*Cichorium intybus*
Apium graveolens	*Pastinaca sativa*
Beta vulgaris	*Petroselinum crispum*
Brassica chinensis	*Taraxacum officinale.*
Carum carvi	

b) **Plantes ornementales.**

Aquilegia sp.	*Primula malacoides*
Campanula medium	*Primula veris*
Delphinium cultorum	*Ranunculus asiaticus*
Dianthus caryophyllus	*Viola cornuta*
Iris germanica	*Viola tricolor.*
Pentstemon barbatus	

Ajoutons toutefois que *Centrospora acerina* a pu être transmis expérimentalement à l'Oignon, la Betterave, la Pomme de terre, la Tomate, le Rutabaga et le Haricot.

Les résultats d'infections expérimentales réalisées par nous depuis 1952 sont précisés dans le tableau ci-dessous. Toutes les infections sont effectuées à l'aide d'un isolement à partir de *Viola tricolor* var. *hortensis*. Dans le cas des *Acer* et de quelques autres espèces ligneuses, l'expérience a porté sur des plantules à cotylédons développés. Pour les plantes vivaces, quelques feuilles ou un rameau feuillé ont été utilisés. Dans la liste qui va suivre, nous avons cherché à rassembler les espèces cultivées ou adventices existant ou pouvant se trouver mêlées aux emplacements destinés au semis, ou à la plantation en pépinière, des Pensées dans un établissement horticole. La notation a été opérée de 0 à 3 :

0. Infection totalement négative.
1. Formation d'un point de nécrose sans conséquence durable.
2. Apparition de macules mais le parasite ne se reproduit pas par lui-même.
3. Apparition de macules, le parasite se multipliant ensuite par lui-même.

Acer campestre L.	0	*Æsculus hippocastanum* L.	1
— *negundo* L.	3	*Antirrhinum majus* L.	0
— *opalus* Mill.	0	*Bellis perennis* L.	2
— *platanoides* L.	1	*Calendula arvensis* L.	0
— *pseudoplatanus* L.	3	— *officinalis* L.	1

Capsella bursa-pastoris Moench	2	*Tilia cordata* Mill.	0
Cerastium glomeratum Thuill. ..	0	— *platyphyllos* Scop.	0
Cheiranthus cheiri L.	2	— *vulgaris* Hayne	2
Chrysanthemum maximum Ram.	1	*Urtica urens* L.	3
Dahlia variabilis Desf.	2	*Viola biflora* L.	1
Lathyrus odoratus L.	0	— *calcarata* L.	0
Myosotis alpestris Schm	2	— *canina* L.	0
— *intermedia* Lk.	2	— *cornuta* L.	3
— *stricta* Lk.	2	— *hirta* L.	0
Primula chinensis Lindl.	0	— *mirabilis* Schm.	0
Primula hortensis Hort.	2	— *odorata* L.	0
— *malacoides* Franch.	3	— *silvestris* Rchb.	0
— *obconica* Hance........	3	— *tricolor* var. *arvensis* Murr.	2
Senecio vulgaris L.	1	— *tricolor* var. *hortensis* Wettst.	3
Stellaria media Vill.	2		

Sur *Acer negundo*, de même que sur *A. pseudoplatanus*, se manifeste très rapidement une pourriture noire des cotylédons et des jeunes feuilles aboutissant à la destruction de la tigelle tout entière. Ce résultat précise la première observation de HARTIG (1880), celle-ci devant se rapporter à *Acer pseudoplatanus*, et confirme la preuve expérimentale réalisée par NEWHALL (1944) qui avait obtenu la transmission du *Centrospora* du Céleri à l'Érable. Si nous avons étudié plus spécialement le comportement des Érables, c'est que les fruits de ces arbres se trouvent fréquemment incorporés aux composts et aux terreaux. On assiste alors au, début du printemps, à une levée massive des plantules qui seront détruites par la suite au cours des opérations précédant les semis ou plantations. Entre temps, la multiplication de *Centrospora acerina* sur les cotylédons aura pu s'effectuer.

Dans le cas des *Viola*, le parasite paraît strictement inféodé aux espèces à fleurs ordinairement polychromes caractérisées par la présence de deux pétales latéraux rapprochés des deux pétales supérieurs, ces espèces constituant le groupe des Pensées. Par contre les Violettes, qui comprennent les espèces à fleurs plus souvent monochromes, à pétales latéraux rapprochés de l'inférieur, se sont montrées réfractaires. Dans le cas de *Viola tricolor* var. *arvensis*, les macules se localisent fréquemment à la tige et aux pédoncules floraux ; nous avons réussi également l'inoculation des fleurs écloses.

Indépendamment de *Primula malacoides* et *P. veris*, sur lesquelles *Centrospora acerina* était connu comme étant la cause d'une pourriture racinaire, il y a lieu de signaler *Primula hortensis* dont les jeunes pousses ont été détruites jusqu'au voisinage du collet et dont les feuilles se sont maculées d'une façon assez comparable à celles de la Pensée. Par contre *Primula chinensis* s'est montré réfractaire.

Parmi les plantes adventices croissant habituellement dans les terres de jardin, il y a lieu de remarquer *Capsella bursa-pastoris* et *Urtica urens* qui sont des plantes très répandues, de courte durée végétative, mais capables de se reproduire en toutes saisons et en abondance. Ces plantes sont donc constamment présentes et pourraient jouer le rôle d'hôtes secondaires, de même que *Stellaria media* (1).

VIII. — PERPÉTUATION DU PARASITE

L'existence du parasite sur les parties souterraines du Persil, du Céleri, de la Carotte où se manifestent les facies de pourriture en plein champ ou au cours de la période de conservation, sa pléophagie qui lui permet de se développer sur un grand nombre d'hôtes fortuits, sa généralisation à toute une culture comme cela s'est produit pour celle du Céleri, de *Primula malacoides* ou de *Viola tricolor* var. *hortensis* et de *Viola cornuta*, ont conduit les auteurs à envisager les moyens de perpétuation de *Centrospora acerina*. Parmi ceux-ci on doit examiner la rétention des conidies et du mycélium dans le sol, le maintien du parasite sur les restes de culture, les graines et les plantes adventices, enfin l'existence d'un stade sexué.

a) Maintien dans le sol.

Étudiant la biologie de *Centrospora acerina* cause de la pourriture noire des racines de Céleri, NEWHALL (1941), puis TRUSCOTT (1944), envisagent la persistance du champignon dans le sol. Cette hypothèse paraît d'autant plus valable que la désinfection des terres de culture avant leur emploi donne des résultats certains. Dès 1924, OSTERWALDER recommande l'application de chaux pulvérulente la veille du semis. NEWHALL (1941) préconise une désinfection préalable aux organo-mercuriques. TRUSCOTT (1944) chercha, sans succès, à isoler le champignon du sol. TOMPKINS et HANSEN (1950) utilisent l'arrosage des terres de châssis à l'aide d'une dilution à 2 p. 100 de formol. La surface traitée est couverte pendant 2 jours à l'aide de sacs humides. Le semis peut être effectué 15 jours après. On obtient par la suite des plantes indemnes. NEERGAARD et NEWHALL (1951) ont mis en évidence le champignon dans le sol en saupoudrant en surface une petite quantité de terre présumée infectée à l'aide d'un milieu gélosé à base de Pomme de terre et de dextrose. En examinant au bout d'une semaine la pellicule ainsi constituée, au moyen d'une loupe binoculaire, le mycélium toruloïde fut décelé dans la gélose. A l'aide du mycélium il fut en outre possible de reproduire une

(1) Le rôle de ces plantes adventices apparaît d'autant plus important que, en février 1955, près de Dampierre, dans une culture de *Viola tricolor* et de *V. cornuta*, fortement altérée par le *Centrospora*, nous avons constaté la présence, à peu près constante, du même champignon sur *Urtica urens*. Il y constitue des taches brunâtres, peu zonées, à marge huileuse. Dans 10 prélèvements effectués, 9 d'entre eux ont permis d'observer des conidiophores et de nombreuses conidies.

culture émettant des spores. La persistance mycélienne dans le sol est donc certaine. Étant donné que le mycélium durable ne paraît pas apte à produire directement des conidies, il existe un stade intermédiaire qui correspond à la formation, à partir du mycélium toruloïde, d'un mycélium végétatif hyalin, grêle, devenant rapidement conidifère.

La persistance sous forme de conidies libres ne peut être envisagée. Si les conidies résistent et végètent à des températures relativement basses (*cf. supra*), leur grande sensibilité à l'humidité fait que si celle-ci est forte, elles germent immédiatement et produisent un mycélium durable, ou bien au contraire, si l'humidité est insuffisante, elles perdent rapidement leur vitalité.

b) Maintien sur les restes de culture, les graines et les plantes adventices.

Dès le printemps 1953, l'examen des feuilles pourrissantes de Pensée nous a permis de mettre en évidence la persistance mycélienne sous forme de cordons brunâtres ou d'un réseau fragile, rassemblés dans les sinus nervaires ou dans le canalicule du pétiole. A l'aide de ce mycélium, nous avons pu reproduire la culture et obtenir, un mois après, les hyphes hyalins fertiles. Ce mycélium a également été observé sur les cotylédons d'Érable laissés sur le sol pendant une période de 4 mois. Il peut se trouver mêlé aux composts sur les fragments de feuilles mortes.

La persistance du champignon par la semence peut être envisagée en tenant compte du fait que WESTERDIJK et van LUIJK (1924) ont obtenu la destruction des feuilles de *Carum carvi* sur des plantes issues de graines fournies par un cultivateur dont la culture avait été fortement endommagée. NEERGAARD (1943) a montré la présence du champignon sur des graines de Pensée incluses dans des capsules encore vertes. Cet auteur préconise de ce fait la désinfection des semences. Les lots de semences de Pensée que nous avons examinés ne nous ont pas permis de déceler la présence de *Centrospora acerina* sur les graines livrées au commerce.

La possibilité de passage de *Centrospora acerina* à de nombreuses plantes sauvages ou cultivées laisse envisager le rôle que peuvent jouer certaines d'entre elles pendant les périodes de l'année où le sol n'est pas utilisé par une culture de Pensée.

c) Maintien sous un stade sexué.

Tant en culture pure que par des observations directes sur les tissus dépérissants ou morts, il n'a pas été possible d'observer une phase sexuée. Les formations souvent épaisses du mycélium de conservation se sont avérées constamment comme étant des rameaux uniformes dans leur constitution, sans différenciation hyphale.

IX. — IMPORTANCE ÉCONOMIQUE

L'appréciation des dégâts provoqués par *Centrospora acerina* a pu être réalisée avec une relative précision en ce qui concerne la culture du Céleri en Amérique du Nord du fait que ce sont essentiellement les racines entreposées qui manifestent les lésions caractéristiques. NEWHALL (1941) estime à près de 50 p. 100 la perte constatée dans les silos de Céleri de l'ouest de l'État de New York à partir du mois de décembre. TRUSCOTT (1944) précise que, dans l'Ontario, les dommages sur le Céleri sont réduits pendant les 2 premiers mois qui suivent la mise en conservation ; ils s'accroissent cependant avec le temps et deviennent tels, au bout de 4 mois, que toutes les racines conservées entrent en pourriture.

Sur les plantes horticoles, l'estimation des dommages est plus délicate à préciser. Au Danemark, NEERGAARD (1945) évalue à 50 p. 100 la perte de production de *Primula malacoides* par suite de la pourriture des racines. Entre 1944 et 1948, la production danoise en *Primula* a subi, suivant les années, une perte estimée entre 12.000 et 25.000 couronnes. TOMPKINS et HANSEN (1951) considèrent qu'en Californie (régions de San Francisco et de San Mateo), durant l'hiver 1939-40, *Centrospora acerina* a provoqué la perte de plus de 1 million de pieds de Pensée. En avril 1941, la maladie a également été très dommageable sur *Viola tricolor* var. *hortensis* et *Viola cornuta* dans l'Oakland.

En France, où la culture de la Pensée est très disséminée, il est difficile d'apprécier les dommages. Dans les plantations que nous avons été à même de visiter (Versailles, Milly, Dampierre et quelques autres cultures de la Vallée de Chevreuse et des environs de Versailles), l'estimation des dégâts devrait s'établir non seulement en fonction du nombre de sujets qui avortent et deviennent impropres à la vente, mais aussi en tenant compte de ceux qui, livrés au commerce, ne produisent que des plantes chétives, fleurissant mal ou dépérissant après repiquage. L'inquiétude manifestée par certains producteurs s'est confirmée lors d'une visite sur les marchés de Paris où, pendant l'hiver 1954-1955, seulement 30 p. 100 des plants se montraient réellement propres à la plantation.

X. — MÉTHODES DE LUTTE

L'étude biologique de *Centrospora acerina* permet de préciser que la destruction du parasite doit être envisagée sous 3 formes différentes ; désinfection des semences, désinfection du sol, protection des jeunes plantes par un produit fongicide.

La désinfection des semences est un procédé très aléatoire en ce qui concerne la culture de la Pensée. Les graines sont relativement petites, à

téguments lisses, donc peu convenables pour retenir en surface le produit anticryptogamique. De plus, dans l'ensemble des exploitations produisant le plant de Pensée, la quantité de graines est toujours très faible, cette semence étant le plus souvent produite chez l'exploitant même. Le traitement d'une aussi petite quantité de semences (à peine 20 g quelquefois) n'est pas réalisable pratiquement. C'est ainsi que l'emploi des composés organo-mercuriques, qui pourrait être conseillé dans ce cas,se heurte à la difficulté d'un malaxage suffisant. En vue de réaliser celui-ci on peut envisager d'incorporer le principe actif à une substance suspenseur neutre, mais l'importance de cet élément risque alors de rendre le traitement inégal et de ce fait inefficace. De plus, la législation française interdit l'emploi de sels de mercure dans le domaine horticole. Nous avons tenté de traiter les semences de Pensée par immersion ; ce procédé ne peut être conseillé en raison de la perte en graines qui restent adhérentes aux instruments de traitement, et aux difficultés de séchage ultérieur.

La désinfection du sol est importante en raison des modalités de conservation du parasite. Elle peut être conseillée pour les terres de semis puisqu'elles n'occupent jamais de grandes surfaces. Parmi les produits susceptibles d'être conseillés, nous avons utilisé le formol dilué dont l'activité a été reconnue par Tompkins et Hansen (1951). La surface à traiter, qui doit être débarrassée de toute culture, est d'abord copieusement arrosée à l'eau pure de façon à mouiller le sol en profondeur. Le lendemain, on procède à un nouvel arrosage à l'aide de 200 g de formol (solution du commerce) dilué dans 10 litres d'eau à raison de 2 litres de ce mélange par m^2 à traiter. La surface traitée est aussitôt recouverte d'une bâche, de sacs ou de paillassons mouillés qui ne sont relevés que 48 heures après. Le semis peut être effectué 10 jours après le traitement.

Le traitement du sol diminue notablement le développement du parasite. Il est presque toujours suffisant. On peut cependant le compléter par le traitement des jeunes plantes, au moment de la période de croissance, à l'aide d'oxychlorure de cuivre micronisé dosant 50 p. 100 de cuivre métal, à 0,25 p. 100 mélangé, au moment de l'emploi, avec une suspension d'huile blanche, en ayant soin de bien mouiller en même temps la surface du sol.

RÉSUMÉ

Le développement de *Centrospora acerina* (Hart.) Newhall, champignon Dématiacée, sur tous les organes aériens de la Pensée : *Viola tricolor* var. *hortensis* et *V. cornuta* est étudié dans les environs de Paris.

La position systématique et l'aire de répartition géographique actuelle de ce parasite sont établies.

Déjà observé en France en 1918, sur les germinations d'Érable, le

champignon ne s'était pas encore révélé comme un parasite important des cultures maraîchères ou horticoles de notre pays. Par contre au Danemark, en Suisse, Norvège, Hollande *Centrospora acerina* se développe sur *Viola tricolor*, *Primula malacoides* et *P. veris*, *Iris germanica*, *Carum carvi*. En Amérique du Nord, il provoque des dégâts importants non seulement dans les cultures de Pensée mais aussi aux racines de Céleri et de Carotte.

Les symptômes maladifs sur la Pensée consistent en macules souvent nombreuses sur le limbe, pétiole, pédoncule et pièces florales. Les plantes attaquées se recroquevillent en flétrissant. Elles perdent finalement la presque totalité du feuillage.

Chaque macule comprend un ocelle central cerclé de bandes circulaires brun foncé à olive foncé. Le développement de la macule, qui peut atteindre 8 mm de diamètre, se réalise très rapidement (3-4 jours en moyenne). La coloration de ces macules correspond à l'émission d'un pigment qui est produit aux heures d'éclairement tandis que, pendant la nuit, il ne s'en forme pas. Le maintien d'une macule à l'influence continue d'une source lumineuse diffuse uniformise la production du pigment.

Le mycélium végétatif, hyalin, est d'abord intrastomatique, puis se répand entre les cellules de l'hypoderme. La désarticulation cellulaire et l'affaissement de l'épiderme permettent ensuite sa progression intracellulaire en même temps que son émergence à la surface de l'hôte. De place en place, ce mycélium émet des conidiophores peu différenciés qui portent des conidies hyalines, pleurogènes, falciformes, pourvues à leur base d'un appendice grêle mais prononcé, atteignant plus de 100 µ de longueur. Les conidies mesurent : 110-208 × 8-13 µ.

Le mycélium durable est constitué par des filaments bruns à noirs, composés d'articles courts, renflés en tonnelet ou globuleux. Il persiste sur les organes en voie de pourriture. Au cours d'une période favorable, il redonne d'abord un mycélium hyalin végétatif.

L'isolement du champignon est réalisable sur différents milieux synthétiques. La production mycélienne en est lente mais progressive. Celle des conidies reste toujours faible malgré l'emploi d'un bios.

La pléophagie reconnue pour *Centrospora acerina* est confirmée par la transmission expérimentale à plusieurs hôtes nouveaux tels que *Acer negundo*, *Capsella bursa-pastoris*, *Primula hortensis*, *Stellaria media*, *Tilia vulgaris*, *Viola tricolor* var. *arvensis*.

La perpétuation du parasite est envisagée par le maintien du mycélium dans le sol, sur les restes de culture, les plantes adventices.

La seule méthode de lutte applicable réside dans la désinfection des terres de pépinière à l'aide d'une dilution de formol : 200 g de la solution du commerce dans 10 l d'eau à raison de 2 l de mélange par m² à traiter. Ce traitement est le plus souvent suffisant. On pourra le compléter en pulvérisant des plantes en voie de croissance à l'aide d'un oxychlorure de

cuivre micronisé dosant 50 p. 100 de cuivre métal à 0,25 p. 100 mélangé, au moment de l'emploi, avec une suspension d'huile blanche.

Reçu pour publication le 18 avril 1955.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARNAUD (G.) 1918. — Le mildiou des lilas et la maladie des cotylédons d'érable. *Rev. de Pathol. végét. de France*, **5**, p. 59.

HANSEN (H. N.) et TOMPKINS (C. M.) 1945. — The name of *Ansatospora macrospora*. *Phytopathology*, **35**, pp. 218-220.

HARTIG (R.) 1880. — Der Ahornkeimlingspilz, *Cercospora acerina*. *Untersuch. Forstbot. Inst. München*. I., pp. 58-62.

HARTIG (R.) 1891. — *Traité des maladies des arbres* ; traduit par J. Gerschel et E. Henry. Paris. Nancy, p. 132.

JORSTAD (I.) 1945. — Melding fra Statens plantepatologiske Institut. *Parasittoppene pa Kultur og. Nyttevekster i Norge*. Oslo, 1945, p. 102.

NEERGAARD (P.) 1942. — Mykologische Notizen II. 4. *Phialospora mustea* sp. nov., 5. *Centrospora Ohlsenii* gen. nov. sp. nov., 6. *Stemphylium petroselini* sp. nov. *Zentrabl. f. Bakter. Parasitenk. und Infektionskrankht.*, pp. 407-12.

NEERGAARD (P.) 1943. — Nye eller upaaagtede Prydplantesygdomme i Danmark, 13-18. *Gartnertidende*, 8, pp. 95-98.

NEERGAARD (P.) 1945. — 10. *Aarsberetning fra J. E. Ohlsens Enkes plantepatologiske Laboratorium*. 1 april 1944-31 juli 1945.

NEERGAARD (P.) 1950. — 14 *Arsberetning fra J. E. Ohlsens Enkes plantepatologiske Laboratorium* 1 August 1948-31 Juli 1949.

NEERGAARD (P.) et NEWHALL (A. G.) 1951. — Notes on the physiology and pathogenicity of *Centrospora acerina* (Hart.) Newhall. *Phytopathology*, **41**, pp. 1021-33.

NEWHALL (A. G.) 1941. — An undescribed storage rot of celery. Abs. *in Phytopathology*, **31**, p. 17.

NEWHALL (A. G.) 1944. — A serious storage rot of celery caused by the fungus *Ansatospora macrospora* n. gen. *Phytopathology*, **34**, pp. 92-105.

NEWHALL (A. G.) 1946. — More on the name *Ansatospora acerina*. *Phytopathology*, **36**, pp. 893-896.

OSTERWALDER (A.) 1924. — Bericht der schweizerischen Versuchsanstalt für Obst — Wein — und Gartenbau in Wädenswil für die Jahre 1921-1923, iv. A. 6. Ueber die durch *Cercospora macrospora* verursachte Blattkrankheit an Pensees. *Landw. Jahrb. der Schweiz*, **38**, pp. 616-17.

RADER (W. E.) 1945. — *An satospora acerina* found causing decay of stored carrots in Wayne County, New-York. *Plant. Dis. Reptr.*, **24**, p. 522.

SALMON (E. S.) 1903. — *Cercosporites* sp., a new fossil fungus. *J. of Botany*, p. 128, fig. 10-15.

SPRAGUE (R.) 1937. — Undescribed species of *Cercosporella* and *Cercospora* on certain grasses in Oregon and Washington. *Mycologia*, **38**, pp. 426-33.

TOMPKINS (C. M.) et HANSEN (H. N.) 1950. — Pansy leafspot, caused by *Centrospora acerina*, host range, and control. *Hilgardia*, **19**, pp. 383-389.

TRUSCOTT (J. H. L.) 1944. — A storage rot of celery caused by *Ansatospora macrospora* (Osterw.) Newhall. *Canad. J. Res.*, **22**, pp. 290-304.

VIENNOT-BOURGIN (G.) 1945. — A propos de deux genres nouveaux : *Centrospora* et *Ansatospora*. *Rev. de Mycologie* X. N. S., fasc. 5-6, pp. 128-31.

WESTERDIJK (Johanna) et LUIJK (A. van) 1924. — Eine Anthracnose des Kümmels (*Carum carvi*). *Meded. Phytopath. Lab. Willie Commelin Scholt.*, Baarn, **8**, pp. 51-54.

RECHERCHES SUR LE DÉTERMINISME DES FORMES ESTIVALES OU HIVERNALES ET DE LA DIAPAUSE CHEZ LE PSYLLE DU POIRIER (*PSYLLA PYRI* L.)

PAR

L. BONNEMAISON et J. MISSONNIER

Station Centrale de Zoologie Agricole, Versailles.

PLAN DU MÉMOIRE

INTRODUCTION

Plusieurs espèces de Psylles, et notamment les Psylles du Poirier (*Psylla pyricola* Foerst. et *Psylla pyri* L.) hivernent à l'état adulte. Ces deux espèces présentent deux formes : l'une, appelée *forme estivale*, de couleur généralement claire, est observée depuis le début du printemps jusqu'à la fin de l'automne ; l'autre, de teinte sombre, appelée *forme hivernale*, ne se trouve que depuis la fin de l'été jusqu'à la dernière décade d'avril. Les formes estivales meurent aux premiers froids alors que les formes hivernales supportent des températures très basses.

Les différences morphologiques et biologiques entre les formes estivale et hivernale ont été décrites de façon sommaire par Crawford (1913) et Lundblad (1920) ; une étude plus complète a été faite récemment sur *Psylla pyri* L. par Wille (1950).

Aucun auteur n'a essayé de préciser le déterminisme de l'apparition des formes estivale et hivernale chez les Psylles. Nous nous sommes attachés à résoudre ce problème en essayant d'obtenir expérimentalement l'une et l'autre formes ; ces recherches nous ont conduits à faire l'étude comparative de la reproduction chez les Psylles d'été et d'hiver afin d'être en mesure d'expliquer certains résultats.

Ce travail a été réalisé uniquement sur *P. pyri*, seule espèce commune sur le Poirier dans la région parisienne. L'étude morphologique et biologique ayant été faite dans un autre mémoire qui paraîtra ultérieurement, nous nous bornerons à indiquer sommairement les caractéristiques biologiques de l'Insecte en relation avec l'apparition des formes d'hiver ou d'été ainsi que les différences, tant morphologiques que biologiques, existant entre les deux formes.

Il a été fait de très nombreuses expériences ; plusieurs d'entre elles, qui confirmaient des résultats déjà acquis, n'ont pas été mentionnées. Les élevages ont été réalisés avec beaucoup de minutie par M[lle] Marne et M. Parisot, agents techniques, que nous sommes heureux de remercier ici.

I. — CYCLE BIOLOGIQUE DE PSYLLA PYRI DANS LA RÉGION PARISIENNE

Les Insectes de la forme hivernale s'abritent durant la mauvaise saison dans les fissures des écorces ainsi que dans les endroits les plus variés. L'accouplement a lieu peu de temps avant le déclenchement de la ponte : celle-ci commence à la fin du mois de janvier, mais elle n'est importante qu'à partir des derniers jours de février et dans le courant des mois de mars ou d'avril. Les larves provenant des pontes les plus précoces meurent d'inanition ; elles ne peuvent en effet s'alimenter que sur

des organes foliacés et les bourgeons sont insuffisamment développés au moment de leur éclosion. D'une façon générale, les larves au 1er âge sont notées à partir du 20 mars, celles du 2e âge dans les premiers jours d'avril, et celles du 3e âge vers le 10 avril. Les adultes de la première génération apparaissent au début du mois de mai.

Il y a eu 4 générations en 1950 ; les premières mues imaginales de chacune d'entre elles ont eu lieu respectivement le 1er mai, le 12 juin, le 3 août et le 4 septembre ; les deux premières ne comprenaient que des formes estivales alors que la 4e était uniquement constituée par des formes hivernales. Les Insectes de la 3e génération, qui sont devenus adultes pendant le mois d'août, présentaient les caractères des formes estivales ; ceux qui sont nés à partir des premiers jours de septembre étaient de la forme hivernale (fig. 1).

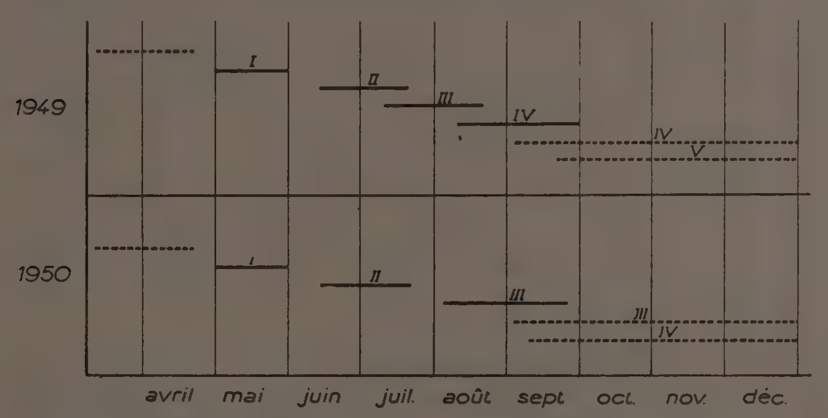


FIG. 1. — Cycle biologique (Imagos) de *P. pyri* dans la région parisienne en 1949 et 1950 ; les adultes de la forme estivale sont figurés en trait plein, ceux de la forme hivernale en pointillé.

La température moyenne de l'été a été plus élevée en 1949 qu'en 1950, et il y a eu cinq générations de Psylles ; les premières mues imaginales ont été notées le 1er mai, le 10 juin, le 10 juillet, le 10 août et le 21 septembre. Les Insectes des trois premières générations appartenaient à la forme estivale et ceux de la 5e génération à la forme hivernale. Les Psylles de la 4e génération, dont la mue imaginale a eu lieu pendant le mois d'août, avaient les caractères de la forme estivale et ceux qui étaient devenus adultes après le 1er septembre étaient du type hivernal (fig. 1).

L'examen comparatif du cycle du Psylle en 1949 et en 1950 permet de faire les remarques suivantes :

1° La forme hivernale n'apparaît pas après un nombre déterminé de générations, puisque les générations comprenant exclusivement des formes hivernales ont été respectivement la 4e en 1950 et la 5e en 1949.

2° Une génération peut comprendre à la fois des formes estivales et des formes hivernales (3e génération en 1950, 4e en 1949).

3° Les formes hivernales commencent à apparaître entre le 2 et le 8 septembre quelle que soit l'année (1949, 1950, 1951, 1952, 1953).

Expérience n° 1. — Ces trois faits ont été vérifiés par une série d'élevages effectués en 1950 dans le verger de la Station. Cette expérience est schématisée sur la figure 2.

Les Insectes de la 1re génération (Psylles I) sont devenus adultes

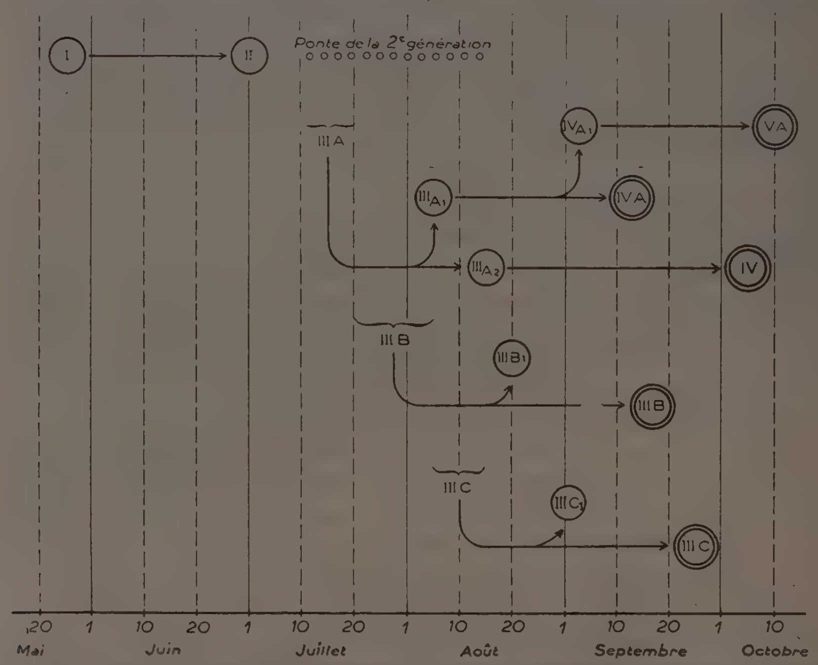


Fig. 2. — Schéma de l'expérience n° I réalisée en 1950 ; les formes estivales sont représentées par un cercle et les formes hivernales par deux cercles concentriques.

entre le 20 et le 30 mai. La mue imaginale des Insectes de la seconde génération (Psylles II) a eu lieu à la fin du mois de juin et au début de juillet. Au cours de leur période de ponte, qui s'est échelonnée du 10 juillet au 15 août, ces Insectes ont été placés successivement dans trois manchons de rhodoïd et de mousseline, de manière à constituer les lots suivants :

III A — Ponte du 1er au 21 juillet.

III B — Ponte du 22 juillet au 5 août.

III C — Ponte du 6 au 15 août.

Lot III A. Les Insectes de ce lot sont devenus adultes entre le 2 et le 12 août.

1° Les Psylles dont la mue imaginale a eu lieu entre le 2 et le 5 août ont été élevés à part (III Al) dans un manchon et leurs descendants (4e génération : IV A) sont devenus adultes à partir du 25 août ; ceux qui apparurent entre le 25 août et le 4 septembre (IV A 1) étaient des formes d'été qui ont pondu normalement et donné une 5e génération (V A), dont la mue imaginale a eu lieu au cours du mois d'octobre, et qui comprenait uniquement des formes d'hiver. Les Psylles de la 4e génération

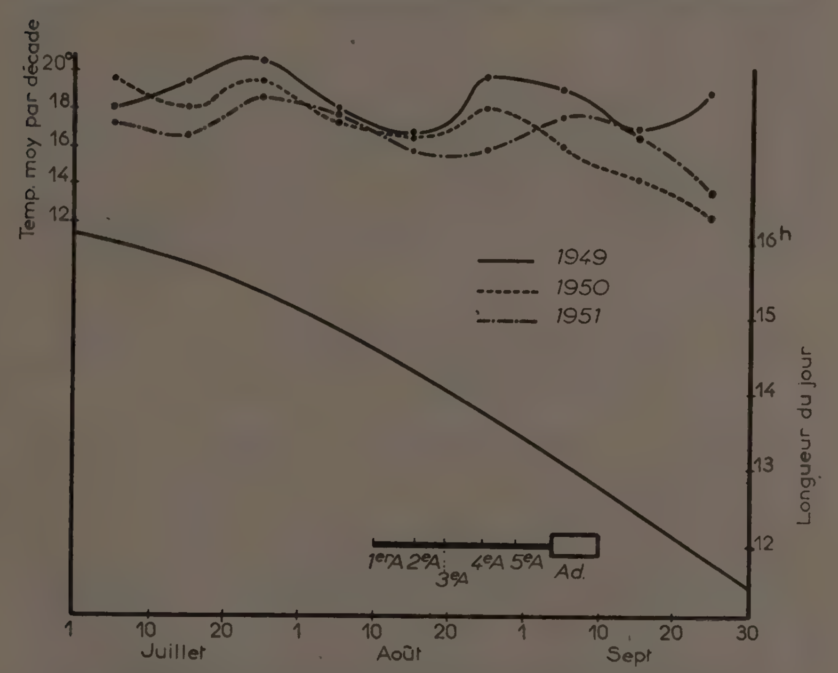


FIG. 3. — Longueur du jour, températures moyennes par décades en 1949-1950-1951, et dates d'apparition des divers âges larvaires des formes hivernales les plus précoces en 1950.

qui sont devenus adultes après le 4 septembre (IV A) présentaient tous les caractéristiques de la forme hivernale.

2° Les œufs pondus après le 20 août par les Psylles devenus adultes entre le 5 et le 15 août (III A 2) ont donné à partir du début d'octobre des adultes (4e génération) qui étaient des formes d'hiver.

Lots III B et III C. Dans ces deux lots les adultes qui apparurent avant le 4 septembre étaient des formes d'été (III B1, III C1) alors que ceux dont la mue imaginale eut lieu ultérieurement étaient des formes hivernales.

La 3e et la 4e générations comprenaient donc des formes estivales et des formes hivernales ; la 5e génération était constituée uniquement

par des formes hivernales ; dans tous les cas, ces dernières ont été observées à partir du 5-6 septembre.

Il était donc possible de supposer que l'apparition des formes hivernales était attribuable soit à une alimentation déficiente, résultant de la maturité des feuilles ou de l'aoûtement des rameaux, soit à l'abaissement de la température, soit à une diminution de la durée du jour, soit encore à une combinaison de ces facteurs.

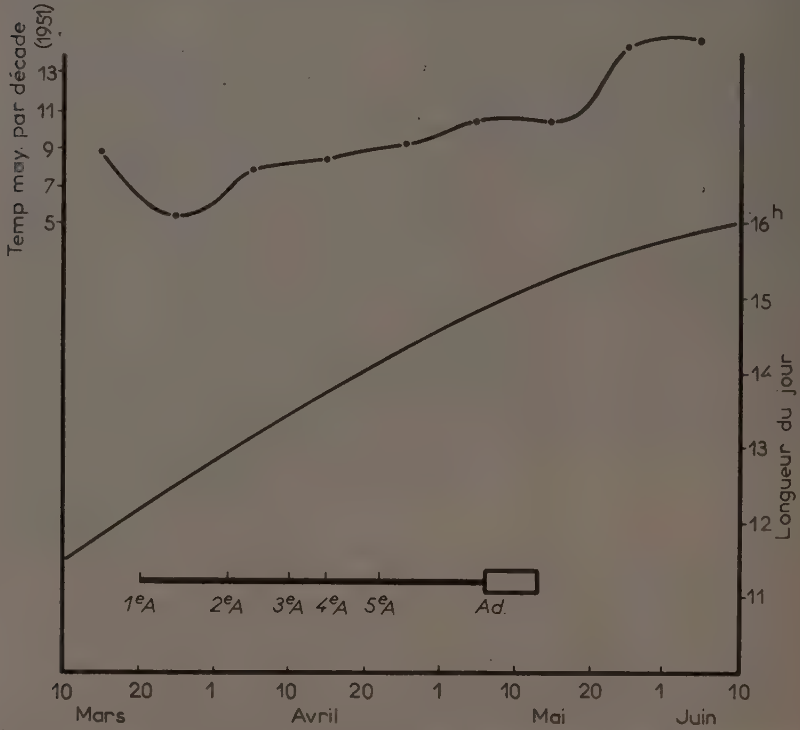


FIG. 4. — Longueur du jour, températures moyennes par décades en 1951 et dates d'apparition des divers âges larvaires de la 1re génération estivale.

Les Psylles qui sont devenus adultes à partir du 6 septembre provenaient d'œufs pondus vers le 2 août ; les larves les plus précoces ont été notées aux dates suivantes : 1er âge, le 10 août ; 2e âge, le 15 août ; 3e âge, le 18 août ; 4e âge, le 23 août ; 5 âge, le 28 août. L'examen de la figure 3 montre que ces différents âges larvaires se sont développés à une température moyenne variant de 16°5 à 18°5 ; la durée du jour était de 14 h 30 quand les larves étaient au 1er âge, de 13 h quand les adultes sont apparus. Ces Psylles n'ont commencé à pondre dans les vergers qu'à la fin du mois de janvier.

Les Psylles de la 1re génération se sont développés dans des condi-

tions très différentes ; en 1951, les adultes les plus précoces sont apparus le 6 mai, les larves du 1er âge avaient été notées à partir du 20 mars, celles du 2e âge le 2 avril et celles du 3e âge le 10 avril. Ces divers âges larvaires se sont développés dans ce cas sous une température moyenne de 6 à 9°, les autres ont effectué leur développement à une température moyenne voisine de 11°. La durée du jour était de 12 h 15 quand les larves étaient au 1er âge ; elle était de 14 h 30 au moment de la mue imaginale (fig. 4). Ces Insectes ont commencé à pondre 5 à 10 jours après être devenus adultes.

Les Psylles dont la mue imaginale se produit au début du mois de mai sont du type estival et ne tardent pas à se reproduire. Au contraire, ceux qui deviennent adultes après le 4 septembre appartiennent au type hivernal et entrent en diapause bien que leur vie larvaire se soit déroulée à une température élevée, mais ils ont achevé leur développement sous un éclairement de plus courte durée que les Psylles parvenus à l'état adulte au début du mois de mai.

II. — CARACTÉRISTIQUES DES FORMES HIVERNALES ET ESTIVALES — ORGANES GÉNITAUX

Les formes hivernales et estivales se différencient par la taille, la forme d'hiver étant un peu plus grande que la forme d'été (longueur du corps des mâles 2,40 contre 2,25-2,35 mm), la coloration plus foncée du corps chez les formes hivernales, l'ornementation des ailes et surtout par le fait que les femelles de la forme hivernale présentent une diapause ovarienne alors que celles de la forme estivale peuvent se reproduire à partir du 4e jour qui suit la mue imaginale. Cette différence fondamentale nous a conduits à étudier les organes génitaux mâle et femelle des deux formes ainsi que ceux des larves du 4e et du 5e âges.

A. — Ailes

La coloration générale des formes d'hiver est plus foncée que celle des formes estivales, mais ce caractère n'est pas toujours très net, la couleur des formes d'été pouvant être brune, bleu-verdâtre, verdâtre ou rouge-orange, suivant l'état de maturité des ovaires (les femelles mûres deviennent orangées et parfois rouges). Les dimensions du corps peuvent également subir des modifications d'après l'état de maturité des gonades, l'importance des réserves adipeuses, etc...

Les ailes ont des caractères distinctifs beaucoup plus nets, tant du point de vue des dimensions que de l'ornementation. Elles sont plus

longues chez les formes d'hiver que chez les formes estivales ; celles des Insectes de la 2e génération sont plus petites que celles des Insectes de la 1re génération, mais plus grandes que celles de la 3e (tableau I et fig. 5).

TABLEAU I

Longueur des ailes antérieures de P. pyri

	Génération hivernale		Générations estivales					
			1re génération		2e génération		3e génération	
	M	F	M	F	M	F	M	F
Nombre d'individus examinés.	36	33	29	23	45	52	10	18
Longueur moyenne en microns	2 754	2 872	2 529	2 730	2 345	2 541	2 205	2 331
Limites de l'intervalle de confiance pour le seuil de t = 0,05	2 494	2 614	2 362	2 560	2 106	2 340	2 118	2 095
	3 014	3 130	2 696	2 900	2 584	2 742	2 292	2 567

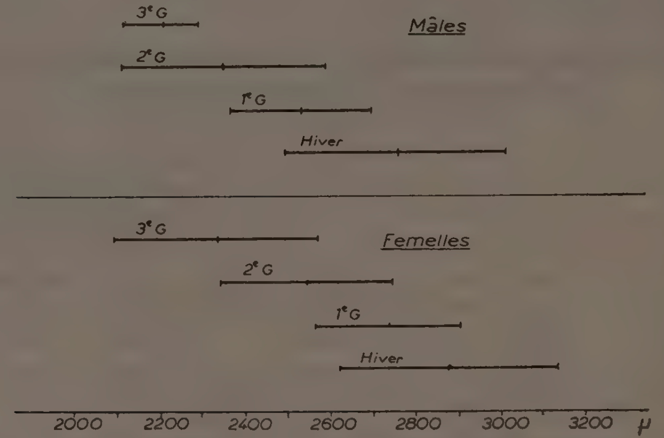


FIG. 5. — Longueur des ailes antérieures des mâles et des femelles des formes hivernales et estivales (1re, 2e et 3e générations ; intervalle de confiance, t = 0,05).

Les nervures des ailes antérieures des formes d'hiver (fig. 6) sont fortement pigmentées et presque noires, alors que celles des formes d'été (fig. 7) sont presque translucides. Le pterostigma de la forme d'hiver présente un grand nombre de microtriches lui donnant une couleur grise ; ces microtriches n'existent pas chez les formes d'été. Les cellules des ailes des formes hivernales présentent des zones enfumées ; chez les formes estivales, ces zones sombres sont remplacées par une forte ponctuation qui occupe une surface un peu plus grande.

Nous avons trouvé pendant l'hiver quelques mâles dont les ailes présentaient les caractéristiques générales des formes hivernales et, en

outre, des ponctuations dans certaines cellules, notamment la M_4, parfois dans les cellules M_4 et R_1 ; un exemplaire avait des microtriches dans toutes les cellules, en très petit nombre dans la cellule Sc.

FIG. 6. — Ailes antérieure et postérieure d'un mâle de la forme hivernale de *P. pyri* récolté le 16 octobre.



FIG. 7. — Aile antérieure d'un mâle de la forme estivale de *P. pyri* récolté le 31 mai 1950.

B. — Appareil génital mâle

L'appareil reproducteur est entièrement constitué quelques jours avant la mue imaginale ; il comprend deux testicules, une vésicule séminale, deux volumineuses glandes accessoires translucides, une pompe spermatique et un long canal éjaculateur (fig. 8).

Les testicules sont allongés, renflés en leur milieu, disposés symétriquement de part et d'autre de l'axe du corps et voisins du mycétome ; ils sont enveloppés d'une membrane péritonéale de couleur jaune d'or, assez lâche et parsemée de taches arrondies foncées. Chaque testicule comprend deux follicules coniques, opposés par leur base et séparés par une cloison. Les cellules sexuelles forment un petit amas globuleux à la pointe de chaque cône (fig. 9) ; les cystes s'étagent régulièrement du sommet

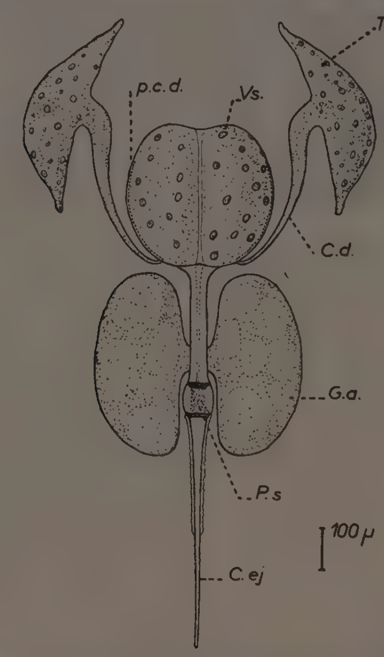


Fig. 8. — Appareil génital, à la date du 29 mars 1954, d'un mâle de forme hivernale élevé en plein air et dont la mue imaginale a eu lieu le 10 octobre 1953. C. d. canal déférent ; C. ej. canal éjaculateur ; G. a. glande accessoire ; P. c. d. partie terminale du canal déférent ; P. s. pompe spermatique ; T. testicule ; V. s. vésicule séminale.

vers la base et l'on reconnaît facilement les différentes étapes de la spermatogénèse : zone de multiplication, zone d'accroissement, zone de maturation et zone de spermiogénèse.

Les canaux déférents partent du milieu des testicules et aboutissent à la base de la vésicule séminale mais ils remontent latéralement jusqu'aux 2/3 de la hauteur de celle-ci (p. c. d.) et débouchent à l'intérieur ; la vésicule est divisée en deux parties par une cloison médiane qui se prolonge jusqu'à la pompe spermatique. Toute la vésicule et les canaux déférents sont recouverts par la membrane péritonéale.

La pompe spermatique (fig. 10) comprend à la partie antérieure une sorte de coupe fortement chitinisée à fond plat, à bords relevés vers

Spermiog. × R.C. ×----------Zona de croissance et de multiplication---------->

FIG. 9. — Testicule de *P. pyri*, en haut, d'un mâle récolté en plein air le 31 mars 1954, en bas d'une larve à la fin du 5ᵉ âge (2 octobre 1953). R. c. : réduction chromatique. (Les derniers cystes de la zone de croissance contiennent de grosses cellules polyédriques de 15 μ environ de diamètre. Après réduction chromatique, les spermatides mesurent 8 μ de diamètre.)

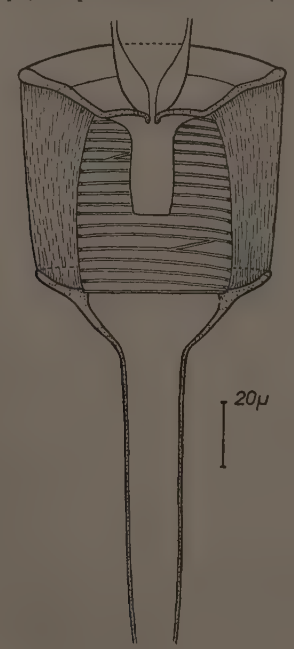


FIG. 10. — Pompe spermatique d'un mâle de *P. pyri* L. :

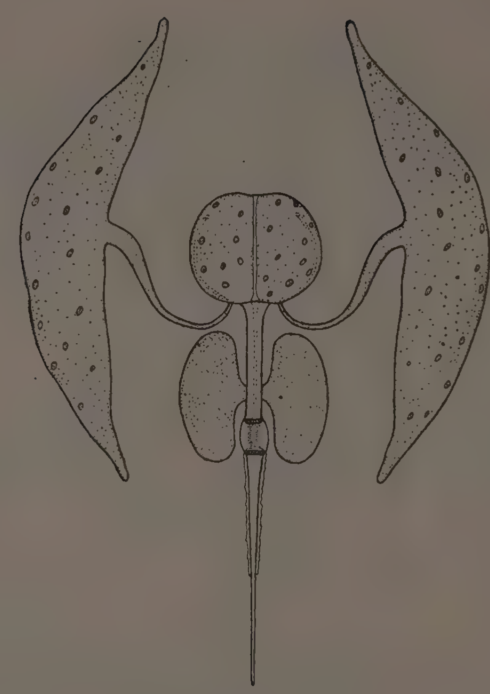


FIG. 11. — Appareil génital d'un mâle de la forme hivernale 5 jours après la mue imaginale (comparer ce dessin avec la fig. 8).

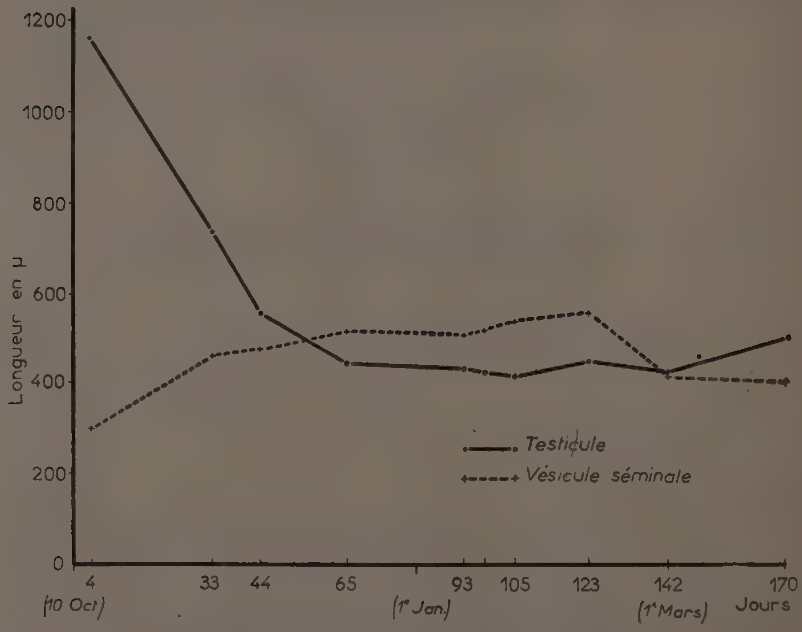


FIG. 12. — Variations de la longueur des testicules et de la vésicule séminale de *P. pyri* (forme hivernale) élevé en plein air au cours de l'automne et de l'hiver.

l'avant et, à l'arrière, une autre couronne, également chitinisée, qui se prolonge par une sorte d'entonnoir, puis par un long tube rigide. Ces deux couronnes sont réunies par des muscles longitudinaux délimitant une chambre ; la cloison de cette chambre est formée par une membrane plissée, à épaississements annulaires, comparable à un soufflet d'appareil photographique. A l'intérieur se trouve un tube souple fixé au fond de la calotte antérieure et ouvert à la partie postérieure. Le canal séminal débouche au milieu de la calotte antérieure par un petit orifice, et les spermatozoïdes pénètrent dans la chambre de la pompe spermatique. La contraction des muscles rapproche les deux couronnes et chasse les spermatozoïdes vers l'arrière. Le canal éjaculateur, qui fait suite à la pompe spermatique, est un tube très fin, non chitinisé.

Quelques anomalies ont été observées ; il a été trouvé des Insectes dont un testicule comprenait trois follicules en étoile ; le deuxième testicule était normal pour l'un d'eux mais ne comprenait qu'un seul follicule pour l'autre. Il est assez fréquent qu'un testicule soit normal et que l'autre ne comprenne qu'un seul follicule.

Les dimensions des testicules varient suivant le stade et, chez l'adulte, suivant l'âge ; elles diffèrent également chez les formes d'été et d'hiver.

Formes hivernales. — Les testicules sont bien individualisés à la fin du 4ᵉ âge larvaire et leur longueur est de 420 à 540 μ ; les cystes sont bien visibles et il ne semble pas que la croissance des spermatogonies soit achevée.

L'appareil reproducteur est entièrement constitué à la fin du 5ᵉ âge ; la longueur du testicule atteint 900 à 1 000 μ et sa largeur 200 μ, alors que la longueur totale de la larve est de 2 100 μ. Il y a de 18 à 20 cystes par follicule ; les cystes en cours de développement occupent la majeure partie des testicules ; la spermiogénèse se déroule uniquement dans leur partie médiane sur une longueur au plus égale au quart de la longueur totale (fig. 9). La vésicule séminale est très petite et son diamètre est de 180 μ au maximum ; elle ne contient pas de spermatozoïdes. Sa paroi est formée d'un épithélium simple et très épais ; la sécrétion glandulaire a commencé mais est encore très faible. Les glandes annexes sont réduites, et leur longueur est inférieure à 200 μ.

Les testicules augmentent aussitôt après la mue imaginale ; leur longueur peut atteindre 1 200 μ et leurs extrémités sont recourbées en S ; puis leur taille diminue progressivement et reste stationnaire au voisinage de 450 μ (fig. 12) ; le raccourcissement est corrélatif de la réduction du nombre des cystes ; les mâles âgés n'ont plus que 3 à 8 cystes localisés à l'extrémité de chaque follicule ; la partie centrale, renflée, contient des spermatozoïdes.

Tout se passe comme s'il y avait une accélération du développement des gonies après la mue imaginale ; la grande taille des testicules des

jeunes mâles n'est donc pas dûe à un emmagasinage des spermatozoïdes mûrs, mais à un stockage des cellules sexuelles à différents états de développement.

Les dimensions de la vésicule séminale et des glandes accessoires augmentent durant les 35 à 50 jours qui suivent la mue imaginale ; elles varient assez peu par la suite. La dilatation de la vésicule séminale est dûe à l'accumulation des spermatozoïdes qui peuvent rester vivants pendant plusieurs mois ; l'épaisseur de la paroi de la vésicule diminue progressivement et devient finalement très faible.

Formes estivales. — Les testicules des formes estivales sont plus

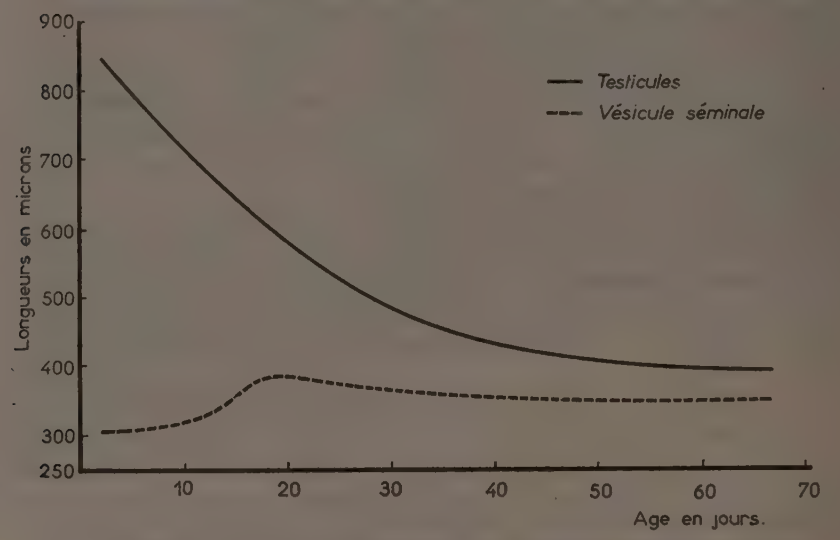


FIG. 13. — Variations de la longueur des testicules et de la vésicule séminale des formes estivales élevées à 22°.

courts que ceux des formes hivernales, avant comme après la mue imaginale ; leur longueur varie entre 500 et 700 μ. La spermiogénèse est très avancée à la fin du 5e âge larvaire ; les spermatozoïdes sont actifs alors que, chez les formes d'hiver, ce phénomène n'a jamais été constaté. Le nombre de cystes en cours de développement est plus faible que chez les Psylles hivernants ; il est généralement voisin de 15 pour chaque follicule ; la réduction chromatique a lieu dans les cystes placés au troisième quart à partir de l'extrémité.

Les dimensions de la vésicule séminale et des glandes annexes sont les mêmes chez les deux formes. Dans quelques cas, des spermatozoïdes actifs ont été trouvés dans la vésicule séminale des larves du 5e âge peu avant la mue imaginale ; ceci n'a jamais été observé chez les formes hivernales.

Le développement des diverses parties de l'appareil est analogue à celui qui a été signalé chez les formes hivernales ; les dimensions de la vésicule séminale et des glandes annexes augmentent alors que celles des testicules diminuent (fig. 13). Cette évolution est plus rapide chez les formes estivales que chez les formes hivernales, mais les dimensions finales des testicules sont les mêmes ; au bout d'un mois, il ne reste plus que 4 à 8 cystes par follicule testiculaire. La vésicule séminale et les glandes annexes restent plus petites que chez les formes d'hiver.

C. — Appareil génital femelle

La description suivante (fig. 14) se rapporte à des femelles hivernantes dont la mue imaginale a eu lieu 3 semaines auparavant.

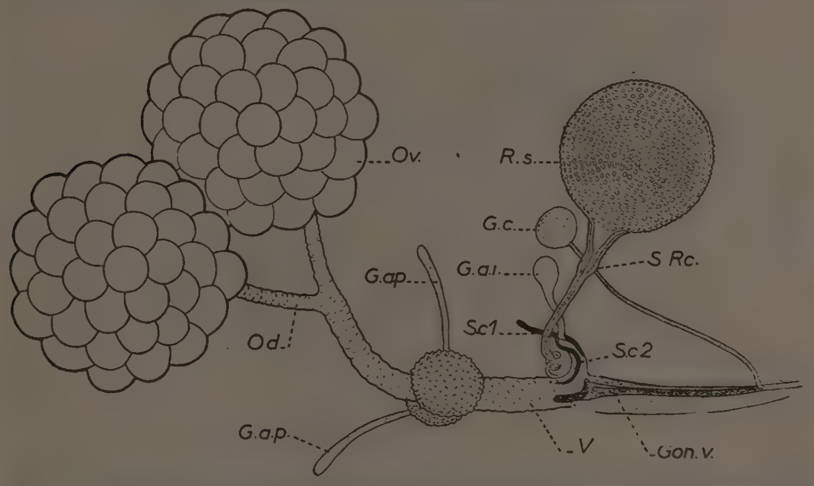


Fig. 14. — Appareil génital d'une femelle de forme hivernale âgée de 20 jours. G. a. i. : glande accessoire impaire ; G. a. p. : glande accessoire paire ; G. c. : glande cémentaire ; Gon. v. : gonapophyse ventrale ; Od. : oviducte. Ov. : Ovaire ; R. s. : Réceptacle séminal ; Sc 1, Sc 2 : Sclérites ; S. Rc. : sphincter du réceptacle séminal ; V. : Vagin.

Chacun des deux ovaires comprend 25 à 40 ovarioles du type méroïstique acrotrophique réunis en bouquet ; avant le déclenchement de la ponte ovulaire ils ont l'aspect d'une petite mûre blanchâtre ; les deux oviductes débouchent dans l'utérus auquel fait suite le vagin.

Les ovaires sont coiffés par le mycétome bilobé et de coloration jaune vif ; les bases des deux lobes sont au contact des ovaires.

L'abdomen renferme une quantité importante de réserves adipeuses ; après dilacération, ce tissu laisse échapper un grand nombre de globules blanchâtres ou verdâtres selon les individus. Les réserves adipeuses situées à l'extrémité postérieure de l'abdomen sont plus fortement colorées en vert que celles qui remplissent le reste de la cavité générale du corps.

Le réceptacle séminal, petite bourse jaune, ratatinée et englobée dans les réserves adipeuses chez les femelles immatures, est volumineux après l'accouplement ; il est placé dorsalement au-dessus de l'utérus et en arrière des ovaires. Les spermatozoïdes sont agglomérés en masses plus ou moins ovoïdes, blanchâtres et filamenteuses. Le canal du réceptacle séminal débute par un large évasement puis passe dans un sphincter *S. Rc.* qui ne se dilate que pendant la ponte ; il est protégé sur une certaine longueur par un épais revêtement qui disparaît à l'intérieur d'une petite masse de tissu dense occupant la région située entre deux petits sclérites *Sc.* 1, *Sc.* 2 et le vagin. Cette région est très difficile à étudier et a été imparfaitement décrite par BRITTAIN et WEBER chez *Psylla mali*

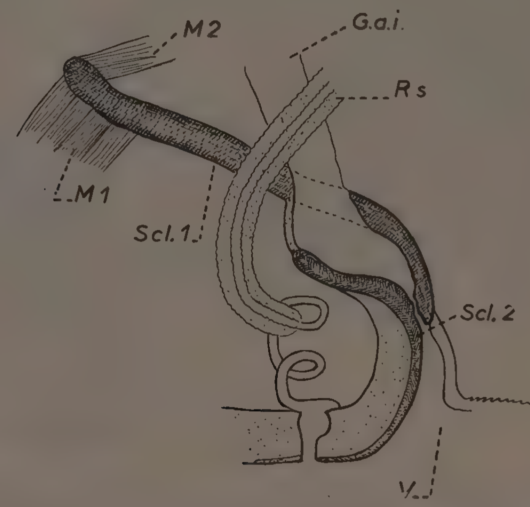


FIG. 15. — Vue partielle de l'appareil génital femelle montrant l'aboutissement du canal du réceptacle séminal et du canal de la glande accessoire impaire dans le vagin. G. a. i : glande accessoire impaire ; M1 et M2 : muscles antagonistes ; R. s. : Réceptacle séminal ; Scl. 1, Scl. 2 : Sclérites; V : Vagin.

ainsi que par WILLE chez *P. piri*. A l'intérieur de cette masse de tissu, le canal perd son revêtement protecteur (fig. 15), s'enroule à deux reprises sur lui-même, s'applique sur une portion faiblement chitinisée du *Sc.* 2 en formant une petite ampoule d'où part un court canal qui débouche dans le vagin.

Il existe en outre deux glandes identiques (glandes accessoires paires *G. a. p*), une glande impaire *G. a. i.* et une glande cémentaire *G. c.*

Les glandes accessoires paires comprennent chacune une glande allongée, beige, débouchant dans un réservoir de même couleur, à parois élastiques, de taille très variable, dont la surface est recouverte de petites protubérances accusées.

La glande accessoire impaire est hyaline ; son canal est relativement

très large et passe entre les deux sclérites ; son occlusion est assurée par le sclérite 1 qui vient s'appliquer sur le sclérite 2 par l'action de muscles antagonistes.

La glande cémentaire, de teinte beige, possède un très long canal finement annelé qui aboutit dans la région axiale de la membrane réunissant les deux gonapophyses internes. D'après WEBER, cette glande ne jouerait aucun rôle dans la fixation de l'œuf en raison de la position de son orifice et elle ne servirait qu'à lubrifier les différentes pièces de l'oviscapte.

Toutes ces glandes accessoires sont situées à l'avant des « *basivalvulae* » (BRITTAIN), c'est-à-dire de l'extrémité proximale du 9e tergite (plaque sous-génitale) et du 10e tergite (plaque anale).

L'ovariole d'une femelle mature comprend un germarium globuleux, long de 210 μ et large de 150 μ, blanc (à l'exception de la calotte proximale qui est translucide et dans laquelle on distingue les cellules sexuelles). Les cellules nourricières, qui se colorent très fortement, recouvrent un groupe d'une dizaine de grosses cellules sexuelles prismatiques. Le vitellarium ne contient jamais plus de deux ovocytes, de taille très différente : alors que la croissance de l'un est presque terminée, celle de l'autre est à peine ébauchée. La paroi folliculaire est épaisse, formée de cellules régulières, prismatiques, à gros noyau ; le cordon qui unit l'ovocyte au germarium est épais, bien visible, sauf à son point de jonction avec le germarium où il est entouré par les cellules sexuelles.

Développement des ovaires chez les formes d'hiver. — Les cellules sexuelles des larves au 4e âge sont groupées en petits amas dans la partie postérieure du corps. Les ovaires se différencient au cours du 5e âge et forment deux petites rosettes translucides.

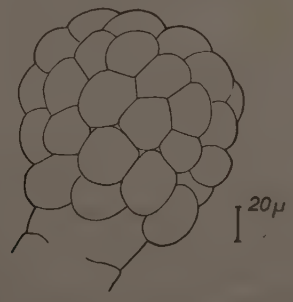


FIG. 16. — Ovaire d'une jeune femelle du type hivernal, 24 heures après la mue imaginale.

Au moment où la mue imaginale va se produire, l'appareil génital femelle est entièrement constitué : les ovaires ont un diamètre global de 200 μ et la longueur des chambres germinatives est de 30 μ. Le réceptacle séminal est très petit, jaune, ratatiné et englobé dans des réserves adi-

peuses ; les glandes annexes paires et la glande cémentaire ont leur taille définitive ; les différentes pièces de l'oviscapte sont formées mais sont très faiblement colorées. Tout à fait à la fin du 5[e] âge, il arrive que deux ou trois chambres germinatives commencent à prendre une teinte blanchâtre.

La maturation de l'ovaire se manifeste d'abord par le blanchiment et la croissance des chambres germinatives situées à proximité de l'oviducte. L'ovaire a alors l'aspect d'une mûre translucide (fig. 16) dont les grains de la partie inférieure blanchissent ; cette coloration débute par

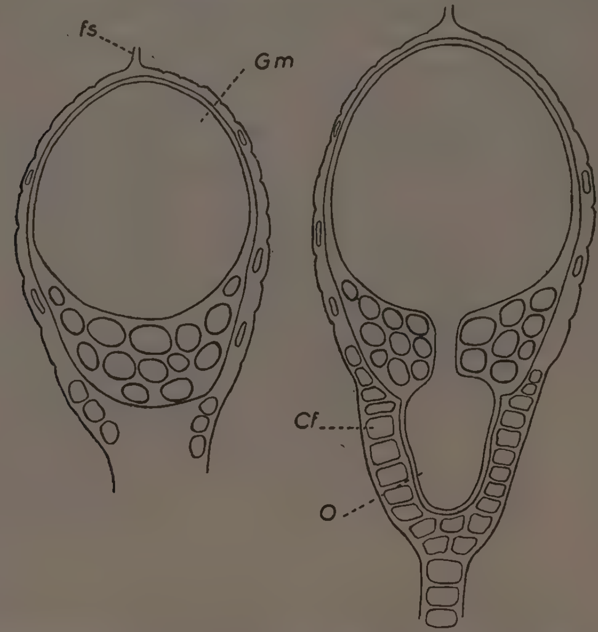


FIG. 17 et 18. — Début du développement de l'ovariole (DUBOSCQ-BRASIL-Hémalum acide) Cf: Cellules folliculaires — fs : filament suspenseur — Gm : Germarium — O : Ovocyte.

le centre du germarium et envahit l'ovaire par zones, de la base vers le sommet ; la ponte ovulaire débute dans les ovarioles les plus avancés avant que ce phénomène soit achevé.

Il se produit d'abord un épaississement à la base du germarium (fig. 17-18) ; les cellules folliculaires ainsi formées délimitent une sorte de chambre prismatique dans laquelle se place une cellule sexuelle. Cette loge s'agrandit peu à peu, s'allonge et tend à se séparer du germarium par un étranglement ; à son intérieur, la cellule ovocytaire s'allonge ; *in vivo*, elle apparaît comme une raie blanche dans une masse hyaline. Elle revêt ensuite la forme d'une baguette d'une longueur de 40 μ et de couleur jaune ; l'ovocyte est alors totalement enfermé dans la gaine

des cellules folliculaires, à l'exception du pôle dirigé vers le germarium auquel il est relié par le cordon nourricier. Jusqu'à ce moment, l'ovule ne semble pas être accolé à la paroi folliculaire ; ce n'est que lorsqu'il mesure 90 à 100 μ qu'il paraît entrer au contact de cette dernière. Le pôle le plus éloigné du germarium se charge d'un pigment jaune orangé très visible *in vivo* ; c'est l'indice de la pénétration des symbiontes qui a lieu quand l'ovocyte mesure approximativement 150 à 180 μ. A ce niveau,

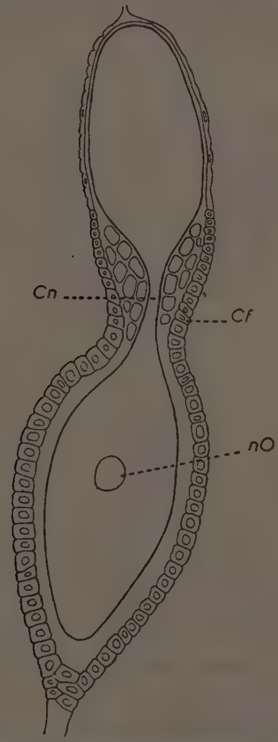


FIG. 19. — Développement de l'ovariole. Cf : cellules folliculaires ; Cn : Cordon nourricier ; nO : Noyau de l'ovocyte.

le follicule se déforme, ses cellules deviennent hautes et irrégulières. La masse du vitellus se creuse de cavités délimitées par une bordure jaune-orangé.

La croissance de l'ovocyte s'achève très rapidement ; cette dernière phase est marquée par deux phénomènes : la paroi folliculaire disparaît et le germarium émet l'ovule suivant (fig. 20-21). Le premier ovocyte devient dissymétrique ; un côté devient bombé alors que la face opposée s'aplatit. La tache orangée, qui marquait le pôle aboral, migre à l'intérieur du vitellus. Quand le chorion est formé, l'ovule présente sur la

partie aplatie, au cinquième de la longueur à partir de l'extrémité aborale, un pédoncule long de 50 µ terminé par une mince ampoule et rempli de vitellus ; au pôle oral, à la place de l'ancien cordon cytoplasmique nourricier existe un autre pédoncule qui reste vide.

Quand l'ovule mûr est sur le point d'être expulsé, la coloration en jaune du deuxième ovocyte n'est pas encore commencée ; la chambre folliculaire qui contient ce dernier n'a pas encore les dimensions du germarium ; il n'y a jamais plus de deux ovocytes en cours de développement dans le même ovariole.

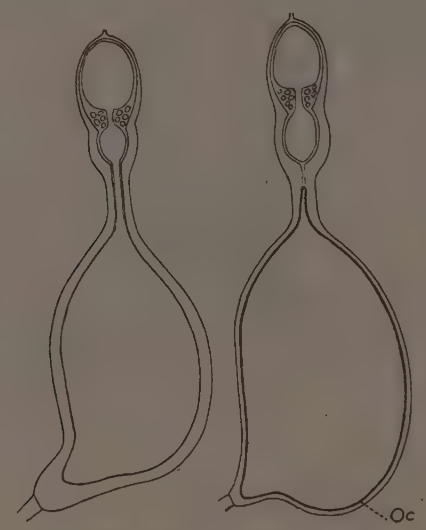


FIG. 20 et 21. — Fin du développement de l'ovocyte. Oc : ovocyte revêtu du chorion.

La maturation de l'ovaire se fait par groupes successifs d'ovarioles ; chaque groupe comprend une couronne de 6 à 9 ovarioles dont le stade de développement diffère légèrement.

Des mensurations d'ovocytes ont permis de dégager les faits suivants :

1° La longueur et la largeur de l'ovocyte ne varient pas de la même façon ; il y a des périodes de croissance longitudinale alternant avec des phases de croissance transversale (fig. 22) ; au début, l'ovocyte s'allonge beaucoup plus qu'il ne s'élargit et sa coloration vire du blanc au jaune, puis son diamètre augmente proportionnellement à son accroissement longitudinal ; c'est au cours de cette période que s'effectue la pénétration des symbiontes. Dans la dernière phase, la longueur de l'ovocyte augmente rapidement. Le degré de croissance des ovocytes peut être noté de la façon suivante :

a) stade O : le premier ovocyte, difficilement visible, est à peine dégagé de l'ensemble des cellules sexuelles.

b) stade « baguette blanche » (B. b.) : l'ovocyte a l'aspect d'une petite tache blanche étroite d'une longueur inférieure à 30 µ ; le follicule n'est pas séparé du germarium.

c) stade « baguette jaune » (B. j.) : la longueur de l'ovocyte passe de 25-40 µ à 80-90 µ.

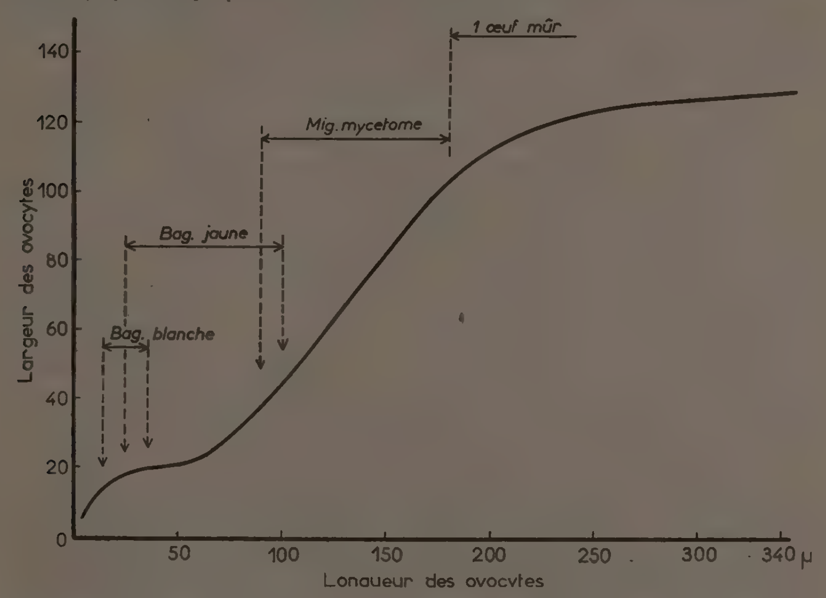


FIG. 22. — Croissance des ovocytes : relations existant entre leur longueur et leur largeur.

d) stade de migration du mycétome (M. m.) : l'ovule devient trapu, se colore fortement en jaune orangé et atteint une longueur de 160-180 µ.

e) stade « 1er œuf mûr » (1er o.) dont l'issue est marquée par la pénétration du 1er œuf dans l'oviducte.

f) stade de maturation générale (M. g.) : de nombreux ovarioles contiennent des ovules mûrs qui sont également emmagasinés dans les oviductes.

2° Le stade de migration du mycétome correspond à une période de trouble physiologique qui se manifeste par un changement de la vitesse de développement de l'ovule. Chez les formes hivernales, la croissance s'effectue très lentement avant ce stade ; dès que celui-ci est dépassé, les phénomènes de maturation s'accélèrent. Les premiers œufs sont pondus peu de temps après la pénétration effective des symbiontes, à la condition que la température soit suffisamment élevée. Cette phase constitue, pour les formes d'hiver, une période d'arrêt de croissance :

les ovocytes se développent peu à peu, arrivent à la fin du stade « baguette jaune » qui n'est dépassé que beaucoup plus tard.

3° La dernière phase de croissance est très rapide : chez une femelle parvenue à maturité, on trouve un faible nombre d'ovocytes dont la longueur varie de 175 à 300 μ : 175 μ est la longueur d'un ovocyte quand la pénétration des symbiotes est achevée et 300 μ, celle de l'œuf mûr.

Le tableau ci-dessous indique le nombre et la longueur des ovocytes de 3 femelles ; la ponte venait de commencer pour les deux premières alors que la 3e était parvenue au stade de maturation générale.

TABLEAU II

Répartition des ovocytes des deux ovaires en fonction de leur longueur chez 3 femelles.

N° des femelles	Longueur des ovocytes en microns				
	10-30	30-100	90-175	175-300	300
1	Tous les autres ovocytes		9	2	6
2	d°		16	4	8
3	12	26	18	6	62

Dès que le mycétome pénètre dans les premiers ovocytes, les réserves adipeuses disparaissent rapidement ; il se peut qu'il se produise parallèlement d'autres modifications du métabolisme général. Au moment où cette phase active de la vitellogénèse s'amorce, il n'y a plus de liaison avec le germarium puisque la ponte ovocytaire suivante est effectuée et que les follicules sont clos. Le chorion est déposé quand l'œuf atteint sa taille normale.

Après la fécondation et le début de la ponte, le réceptacle séminal a l'aspect d'un sac de couleur jaune d'or dont les parois sont formées par de minces cellules polygonales ; il peut alors atteindre un diamètre de 450 μ ; les spermatozoïdes qu'il renferme forment des amas globuleux et blanchâtres. La fécondation s'effectue généralement quand les ovocytes les plus avancés sont parvenus au stade de pénétration des symbiontes.

TABLEAU III

Nombre de fécondations observées en fonction de la maturité des femelles.

État des femelles	Stade atteint par les ovarioles				
	0	Baguette blanche	Baguette jaune	Migration du mycétome	Premiers œufs mûrs
Non fécondées	18	31	47	14	5
Fécondées	2	5	11	7	44
% de fécondation	10	14	19	33	90

Développement des ovaires chez les formes d'été. — Le processus de l'ovogénèse est semblable à celui qui se produit chez les formes hivernales, mais il se déroule beaucoup plus rapidement (fig. 23). Au moment de la mue imaginale, la ponte ovulaire peut déjà être effectuée et l'ovocyte le plus évolué peut atteindre le stade « baguette blanche » (20 μ) ; les chambres germinatives inférieures sont entièrement blanches alors que celles du sommet sont encore translucides. Chez l'imago de la forme hivernale

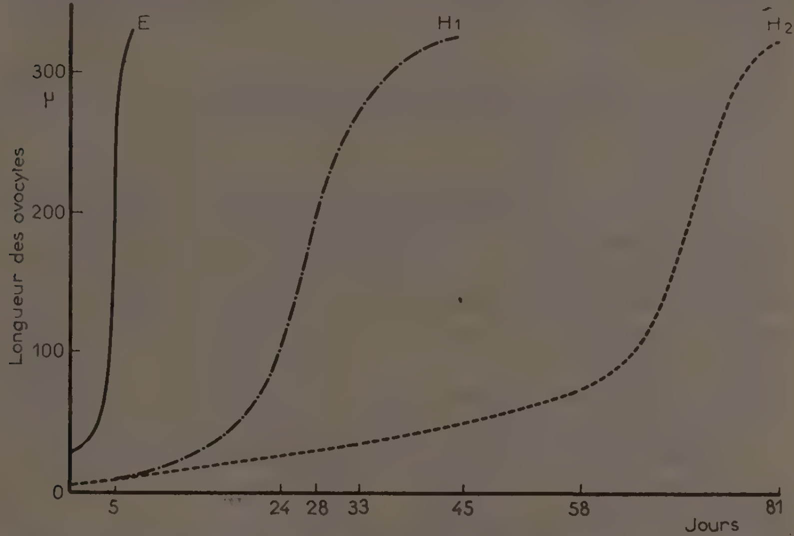


FIG. 23. — Croissance comparée des premiers ovocytes des femelles estivales (E) et hivernales (H_1 et H_2) élevées à une température moyenne de 16°. H_1 élevage sous un éclairement artificiel de 16 h ; H_2 sous un éclairement artificiel de 12 h ; E ; élevage à la lumière naturelle en juin.

TABLEAU IV

Etat de développement des ovaires de femelles estivales entre le 12 et le 23 mai 1953 (en pourcentage)

Nombre de jours après la mue imaginale	0	Baguette blanche	Baguette jaune	Migration du mycétome	1ers œufs mûrs	Maturation générale
1	95	5				
2	20	80				
3	9	18	18	36	19	
4	6	21	21	28	24	
5	6			30	32	32
9			18	18	38	26
10			5	15	21	59
11				36	33	31

venant de muer, il n'y a, à ce moment-là, qu'un début de blanchiment d'un petit nombre de chambres germinatives ; ces dernières sont plus

petites que celles des formes d'été et les ovaires paraissent plus compacts. La dernière phase de croissance est extrêmement rapide.

Il y a une certaine hétérogénéité dans le développement des ovaires de la forme d'été selon les individus ; le tableau ci-dessus donne les résultats fournis par des dissections, effectuées entre le 12 et le 23 mai 1953, de femelles élevées isolément en plein air afin de connaître leur âge exact ; on voit que les premières pontes ont été notées 4 jours après la mue imaginale, mais que plus d'un tiers des femelles n'avaient pas pondu le 11e jour.

III. — FACTEURS CONDITIONNANT LE POLYMORPHISME DE P. PYRI

Nous avons vu, p. 462, que les observations faites dans les conditions naturelles permettaient de supposer que l'apparition des formes hivernales et estivales pouvait être due à l'alimentation, à la température, à la durée de l'éclairement ou à une combinaison de ces facteurs.

Nous nous sommes efforcés ,par une série d'expériences qui ont été réalisées de 1949 à 1954, de préciser les facteurs qui intervenaient dans ce phénomène. Les essais ont été faits sur des poiriers francs, âgés de 2 à 3 ans, placés dans des pots de 25 à 33 cm de diamètre. La plupart des élevages d'automne et d'hiver ont été faits sur des arbustes mis à la cave et à l'obscurité durant la deuxième quinzaine du mois d'août, puis laissés en repos de végétation à l'extérieur pendant quelques semaines ; les arbres étaient ensuite transportés dans une serre, et n'étaient utilisés pour les expériences que lorsque le feuillage était bien développé. L'élevage des larves aux 1er, 2e et 3e âges ne peut être fait que sur les tissus foliaires ; celui des larves aux 4e ou 5e âges et des adultes peut être réalisé sur des rameaux dépourvus de feuilles.

L'éclairage était assuré par des groupes de 2 lampes fluorescentes « lumière du jour » de 25 ou 40 watts chacune, commandées par des appareils « allumeur-extincteur » automatiques.

A. — Expériences préliminaires

Ces expériences ont été réalisées au cours de l'automne 1950 et de l'hiver 1950-1951.

Expérience n° II. — Elle a été faite sur des arbres maintenus en végétation grâce à leur transfert dans une serre à partir du 15 août et à un éclairage artificiel d'appoint ; elle comprenait 5 lots :

Lots 1 et 2. — Des Psylles devenus adultes avant le 1er septembre, appartenant par conséquent à la forme estivale, ont été récoltés en plein air et élevés sur des poiriers, en serre.

Les œufs pondus entre le 12 et le 27 septembre (lot n° 1) ont été élevés à la lumière naturelle et à une température moyenne de 17° ; il n'a été obtenu que des *formes hivernales.*

Les œufs pondus entre le 27 septembre et le 2 octobre (lot n° 2) ont été soumis, ainsi que les larves, à une température moyenne de 20° et à un éclairement naturel complété par la lumière artificielle de 16 à 24 h : la durée totale de l'éclairement était donc supérieure à 16 h. Les adultes, qui sont apparus à partir du 25 octobre, appartenaient tous à la *forme estivale.*

Lots 3 et 4. — Des larves au 1er âge (lot 3) et au 2e âge (lot 4) ont été récoltées le 12 septembre dans le verger et élevées dans les mêmes conditions que le lot n° 2 ; ces larves, laissées dans les conditions naturelles, auraient toutes donné des Insectes du type hivernal. Tous les adultes qui sont apparus à partir du 14 octobre étaient du *type estival* et ont commencé à pondre 5 jours après la mue imaginale.

Lots 5 et 6. — Des larves au 5e âge, récoltées en plein air le 13 octobre, ont terminé leur développement sous une température de 20° et un éclairement mixte d'une durée de 18 heures (lot 5). Les premiers adultes ont été observés le 18 octobre et ont pondu dès le 5 novembre. D'autres larves au 5e âge ont été prélevées le 13 octobre et élevées à 22° sous un éclairement artificiel permanent (lot 6). Les adultes sont apparus à partir du 18 octobre et ont pondu le 28 octobre. Dans les deux cas, les Psylles obtenus étaient morphologiquement *très voisins de la forme hivernale.*

TABLEAU V

Longueur des ailes antérieures (en mm) (Exp. II)

N° des lots	1	2	3	4	Insectes récoltés en plein air	
Conditions d'élevage ...	17° Éclair. naturel	20° Plus de 16 h. d'écl.	20° 16 h. d'écl. sauf 1er âge	20° 16 h. d'écl. sauf 2e âge	Forme hivernale	Forme estivale
Types obtenus.........	Hivernal	Estival	Estival	Estival		
Mâles	2,475	2,025	2,130	2,160	2,774	2,205
Femelles	2,649	2,190	2,153	2,295	2,872	2,331

L'élevage des lots 2, 3 et 4 a été poursuivi pendant tout l'hiver à une température de 20° et sous 16 h d'éclairement ; il a été obtenu 5 générations successives de formes estivales : fin octobre, début décembre, deuxième décade de janvier, en février et en avril ; l'expérience a été arrêtée à cette date.

Expérience n° III. — Elle a été réalisée entre le 9 janvier et le 20 février 1951 sur des poiriers forcés en serre et à une température moyenne de 20°. Elle comprenait 3 conditions d'éclairage : lumière naturelle et lu-

mière naturelle complétée par la lumière artificielle de manière à obtenir des durées journalières d'éclairement de 12 h et de 16 h.

Les Psylles avaient deux origines différentes : les uns étaient des Psylles hivernants récoltés en plein air le 9 janvier, les autres étaient des formes estivales obtenues expérimentalement. Il y a eu 3 séries d'essais.

Afin de faciliter la compréhension des expériences, la terminologie suivante a été adoptée ; les essais portant sur des adultes de la forme estivale et leur descendance sont désignés par la lettre E et ceux effectués avec des adultes du type hivernal et leur descendance, par la lettre H.

Série E. — Des Psylles de la forme estivale ont été placés sous 16 h d'éclairement et ont pondu ; des larves ont été prélevées à différents âges et exposées à 12 h d'éclairement jusqu'à la mue imaginale :

Lot E1. — Larves prélevées au 1er âge.

Lot E2. — Larves prélevées au 2e âge.

Lot E3. — Larves élevées depuis leur naissance jusqu'à la mue imaginale sous 16 h d'éclairement.

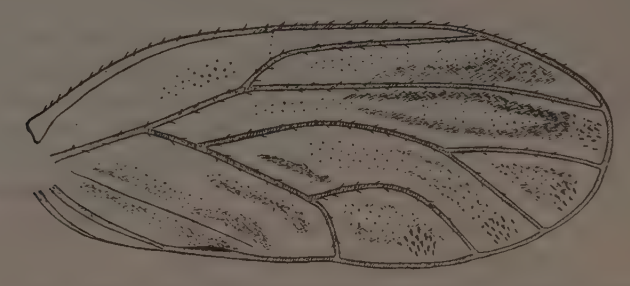


Fig. 24. — Aile antérieure d'une femelle obtenue dans l'expérience III, série E, présentant des caractères intermédiaires entre la forme hivernale et la forme estivale.

Le lot E3 ne comprenait que des formes estivales alors que les lots E1 et E2 étaient constitués par un mélange des deux formes ; le lot E1 renfermait 66 p. 100 de formes hivernales et le lot E2, 35 p. 100 seulement.

Les ailes des formes d'été et d'hiver ne répondaient pas toutes exactement à la description donnée p. 463. Certaines d'entre elles présentaient des caractères intermédiaires : quelques formes estivales avaient les cellules alaires légèrement enfumées ; deux femelles du type « été » présentaient une zonation des cellules en auréole (fig. 24).

Pour tous les Psylles du type estival, la ponte a débuté en moyenne dans les 8 jours qui ont suivi l'apparition des premiers adultes ; le rythme de ponte a été sensiblement identique dans chacun des lots et la fécondité moyenne a été de 622 œufs. Au contraire, les ovaires des femelles du type hivernal présentaient, le 8e jour après la mue imaginale, un développement identique à celui des exemplaires récoltés en plein air à la fin du mois de septembre.

Série H. — Les Psylles hivernants récoltés en plein air le 9 janvier ont été élevés sous un éclairement de 12 h et ont pondu ; leurs larves ont été prélevées à différents âges et soumises à un éclairement journalier d'une durée de 16 h.

Lot H1. — Larves prélevées au 1er âge.

Lot H2. — Larves prélevées au 2e âge.

Lot H3. — Larves prélevées au 3e âge.

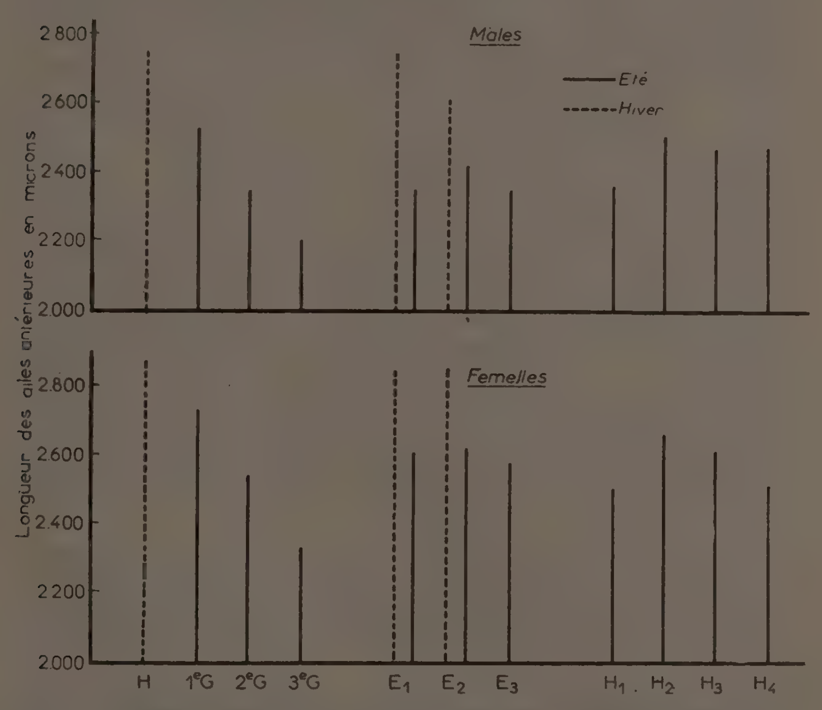


FIG. 25. — Longueurs moyennes des ailes des Psylles obtenus dans l'expérience III, séries E et H ; à gauche, longueurs moyennes des ailes des Psylles d'hiver et des Psylles d'été des 1re, 2e et 3e générations récoltés en plein air.

Dans les 3 lots il n'a été obtenu que des formes estivales typiques qui ont pondu peu de temps après la mue imaginale.

D'autres Psylles hivernants ont été récoltés en plein air à divers moments, au cours de l'hiver ; leurs descendants ont été élevés en serre sous l'éclairement normal du jour. Les adultes qui sont apparus entre le 10 et le 15 février (Lot H4) appartenaient, du point de vue biologique et du point de vue morphologique, au type hivernal. Ils n'ont pondu que trois mois après la mue imaginale. D'autres adultes sont apparus entre le 1er et le 15 avril : morphologiquement, ils étaient du type hivernal mais, laissés à la lumière naturelle, ils ont pondu peu après la mue imaginale.

La figure 25 indique les dimensions des ailes antérieures des Psylles obtenus dans ces différents lots.

Expérience n° IV. — Elle a été réalisée entre le 20 février et le 30 avril à une température moyenne de 14°8 et sous un éclairage totalement artificiel, d'une durée de 12 ou de 16 heures. Il a été constitué 2 séries, l'une (série E) avec des formes estivales obtenues expérimentalement, l'autre (série H) avec des formes hivernales récoltées à l'extérieur ; chaque série comprenait 3 lots qui ont été élevés sous 12 h d'éclairement dans les conditions suivantes :

Lot 1. — De la naissance à la mue imaginale.

Lot 2. — 1er âge larvaire seulement, les autres âges étant élevés sous 16 h d'éclairement.

Lot 3. — Les deux premiers âges larvaires seulement, les trois âges suivants étant éclairés pendant 16 h.

Dans les lots E1 et H1 il a été obtenu uniquement des formes hivernales identiques aux formes hivernales naturelles tant par la couleur et les dimensions des ailes que par l'existence d'une diapause de longue durée. Il n'est apparu que des formes estivales dans tous les autres lots ; alors que ces formes étaient typiques dans la série H, celles de la série E présentaient toute une gamme de caractères intermédiaires ; les nervures des ailes étaient claires mais les zones enfumées situées à l'intérieur des cellules étaient plus ou moins marquées, sans jamais atteindre cependant l'intensité de la forme hivernale typique. La proportion de ces formes

TABLEAU VI

Expérience IV. Longueur moyenne des ailes antérieures et proportions des ailes de la forme hivernale et de la forme estivale.

Lots	Forme hivernale		Forme estivale			
	Longueur (1) (en mm)	Typique	Longueur (1)	Cellules fortement enfumées	Cellules légèrement enfumées	Typique
E_1 mâles	2,770	100				
femelles	2,860	100				
E_2 mâles			2,473		14	86
femelles			2,618		24	78
E_3 mâles			2,730	8	70	22
femelles			2,827	8	0	92
H_1 mâles	2,760	100				
femelles	2,785	100				
H_2 mâles			2,344			100
femelles			2,550			100
H_3 mâles			2,506			100
femelles			2,629			100

(1) Les longueurs moyennes des ailes des Psylles ayant effectué leur complet développement dans les conditions naturelles sont : forme hivernale : mâles 2,774, femelles 2,872 ; forme estivale 2e génération : mâles 2,345, femelles 2,541 (tableau I).

intermédiaires était plus faible dans le lot E2 que dans le lot E3 ; les Insectes de ce dernier lot avaient des ailes un peu plus grandes que celles des formes naturelles d'été et les individus les plus sombres ont présenté un certain retard dans le développement de leurs gonades.

Les résultats des expériences II, III et IV mentionnés précédemment permettent de tirer les conclusions suivantes :

1° Il est possible d'obtenir indéfiniment des générations de formes estivales ; il n'apparaît pas inéluctablement des formes hivernales après la 4ᵉ génération (Exp. II). De même, les formes hivernales peuvent engendrer d'autres formes hivernales (Exp. III, lot H4, Exp. IV, lot H1).

2° L'état physiologique de la plante ne semble pas jouer un rôle important puisque l'on a pu obtenir des formes d'été sur des poiriers maintenus en végétation à l'automne (Exp. II) et des formes d'hiver sur des arbres ayant débourré peu de temps avant la réalisation de l'expérience grâce à un forçage en serre (Exp. III et IV).

3° Dans les conditions expérimentales mentionnées précédemment, c'est-à-dire à des températures comprises entre 14 et 20°, les formes d'hiver apparaissent sous un éclairement journalier de 12 h ; ce seul fait permet d'expliquer l'apparition des formes hivernales en automne et la production expérimentale de ces mêmes formes durant les mois de janvier et de février sous un éclairement naturel (Exp. III, lot H4).

4° Les conditions d'éclairement auxquelles ont été soumis les deux premiers âges larvaires n'influent pas ou très peu sur la forme des adultes, lorsque l'on opère sur des descendants de formes hivernales ; ce sont surtout celles qui s'exercent sur les trois derniers âges qui conduisent à la production de l'une ou de l'autre forme : Exp. III : lots H2, H3, Exp. IV : lots H2, H3. Elles interviennent lorsque l'expérience est faite sur des descendants de formes estivales ; elles s'extériorisent par la production de formes sans diapause, mais ayant des ailes de type « intermédiaire » (Exp. IV : lots E2 et E3) ou par la modification des pourcentages respectifs des deux formes (Exp. III : lots E1, E2). La forme des parents intervient donc dans le déterminisme des formes estivale ou hivernale.

5° La durée de la diapause est réduite si l'on soumet seulement le 5ᵉ âge à un éclairement de 18 h (Exp. II : lots 5 et 6).

6° Il est possible d'obtenir des Psylles ayant des caractères intermédiaires entre le type hivernal et le type estival (Exp. III : lots E1, E2, Exp IV : lots E2, E3).

Parmi les trois caractères qui avaient été retenus pour différencier ces formes (diapause, longueur et ornementation des ailes), c'est la diapause imaginale qui constitue le critère le plus sûr. Les Psylles les plus précoces de la 1ʳᵉ génération estivale, se développant dans les conditions naturelles, présentent parfois des caractères intermédiaires au point de vue de la longueur et de l'ornementation des ailes.

Les agents qui conditionnent le polymorphisme de *P. pyri* peuvent donc être classés en deux catégories :

1° Les facteurs de milieu : l'éclairement a un rôle primordial ; la température ne semble pas intervenir dans les limites de 14 à 20° et la nature de l'aliment a un effet réduit ou nul.

2° Les facteurs particuliers au Psylle : l'âge larvaire soumis aux agents précédents et la forme des parents.

Dans le chapitre suivant nous examinerons successivement :

1° Le rôle de la durée de l'éclairement.

2° L'action combinée de la durée de l'éclairement, de la température et de la forme des géniteurs.

3° Le rôle de l'alimentation.

4° La sensibilité relative des divers âges larvaires à l'action des facteurs de milieu.

B. — Étude des facteurs

Dans les pages suivantes, nous distinguerons trois formes de Psylles : les formes hivernales, les formes estivales et les formes intermédiaires. Les deux premières formes ont été définies précédemment ; les Psylles classés comme « formes intermédiaires » ont les ailes antérieures présentant des nervures claires mais des cellules plus ou moins fortement enfumées sans jamais atteindre l'intensité des formes d'hiver typiques ; la longueur moyenne est comprise entre celles des ailes des deux types normaux. Ces Psylles ne présentent pas de diapause, mais il peut y avoir parfois un certain retard dans le déclenchement de la ponte. L'appellation de « formes intermédiaires » sera, dans quelques cas, étendue à des Psylles différant très peu des formes d'hiver mais qui ne présentent pas de diapause.

1. INFLUENCE DE LA DURÉE DE L'ÉCLAIREMENT

Nous avons vu qu'aux températures moyennes comprises entre 14 et 20°, on obtenait des formes d'hiver en élevant des larves sous un éclairement égal ou inférieur à 12 h (cas de l'éclairement naturel entre le 21 septembre et le 21 mars).

Expérience n° V. — Le but de cette expérience était d'étudier l'influence de diverses photopériodes journalières sur les larves. Des larves provenant de pontes de formes hivernales récoltées à l'extérieur au mois de décembre et élevées au laboratoire (série H) et des larves issues de formes d'été obtenues expérimentalement (série E) ont été

soumises dès leur naissance à des photopériodes journalières différentes et aux températures constantes de 16 ou de 22°, dans les conditions suivantes :

TABLEAU VII

Conditions expérimentales auxquelles ont été soumis les lots de l'expérience n° V

Durée de la photopériode journalière	Température de 16°	Température de 22°
0 h	Lots E 1 et H 1	Lots E 11 et H 11
4 h	E 2 H 2	E 12 H 12
8 h	E 3 H 3	E 13 H 13
12 h	E 4 H 4	E 14 H 14
16 h	E 5 H 5	E 15 H 15

Les résultats de cette expérience sont donnés par le tableau VIII et le graphique n° 26.

TABLEAU VIII

Pourcentages des formes hivernales, intermédiaires et estivales obtenus dans l'expérience V

Numéro du lot	Température et durée de la photopériode	Série H			Série E		
		Formes hivernales	Formes interm.	Formes estivales	Formes hivernales	Formes interm.	Formes estivales
1	16° 0 heures	50	8	42	96	4	
2	4 »	78	16	6	100		
3	8 »	97	3		100		
4	12 »	82	10	8	93	7	
5	16 »			100			100
11	22° 0 heures	70	5	25	71	13	16
12	4 »	97	3		95	5	
13	8 »	91	9		97	3	
14	12 »	83	5	12	100		
15	16 »			100			100

On voit que l'on obtient un pourcentage élevé de formes hivernales si l'on soumet les descendants de formes d'hiver ou d'été à une photopériode égale ou inférieure à 12 h et aux températures de 16 ou de 22°. Il est à noter, qu'à l'obscurité permanente, la proportion des formes d'été ou intermédiaires tend à augmenter fortement.

Les formes d'hiver apparaissent normalement à partir du 5 septembre, c'est-à-dire à un moment où l'éclairement journalier est encore de 13 h. Nous avons vu aussi (p. 462, fig. 3) que les premiers Psylles hivernants étaient au début du 3e âge larvaire vers le 18 août, c'est-à-dire lorsque la durée du jour était de 14 h. De même, les premiers Psylles d'été sont au 3e âge larvaire vers le 10 avril et ils passent à l'état adulte vers le 1er mai (fig. 4) ; dans cet intervalle de temps, la durée diurne passe de 13 h 15 à 14 h 30 : ces premiers Psylles présentent des carac-

tères intermédiaires analogues à ceux qui ont été notés dans les lots des expériences III et IV dont le développement a commencé sous une durée d'éclairement inférieure à la durée critique.

Expérience n° VI. — Des élevages de Psylles issus de formes d'été ont été réalisés à une température moyenne de 16°5, sous trois durées d'éclairement différentes : lot 1 : 16 h, lot 2 : 13 h 30, lot 3 : 12 h.

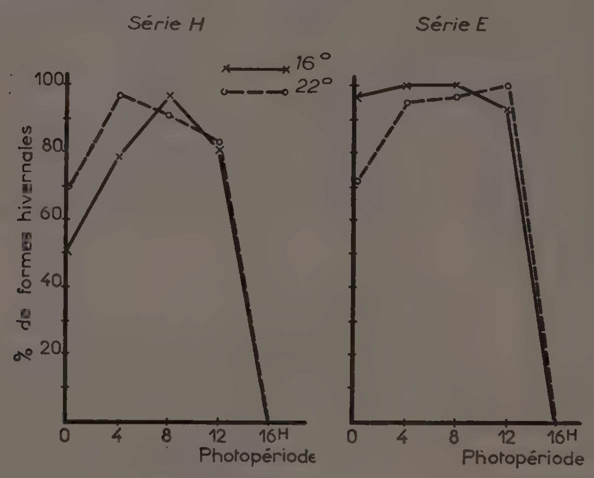


Fig. 26. — Expérience V. Pourcentage de formes hivernales obtenues dans les différents lots.

Il n'y a eu dans le lot 1 que des formes estivales pures ; les ailes antérieures mesuraient en moyenne 2,322 mm pour les mâles et 2,484 pour les femelles.

Le lot n° 3 comprenait uniquement des formes hivernales typiques présentant une diapause imaginale ; la longueur des ailes était de 2,676 mm pour les mâles et de 2,832 pour les femelles.

Il a été obtenu dans le lot n° 2 des Psylles ayant une morphologie très voisine de celle des formes hivernales mais la ponte a commencé moins de deux semaines après la mue imaginale ; les ailes des mâles mesuraient 2,625 mm et celles des femelles 2,748 mm ; la production de ces « formes intermédiaires » prouve que la durée-seuil d'éclairement est de 13 h 30.

Les Psylles réagissent à des intensités lumineuses très faibles. La plupart des élevages ont été réalisés avec des intensités lumineuses inférieures à 300 lux ; en réalité, les larves recevaient un éclairement beaucoup plus faible puisqu'elles vivent normalement sur la face inférieure des feuilles. De plus, certains élevages qui étaient placés à la lumière pendant 12 h et qui étaient ensuite enfermés dans des sacs de papier noir n'ont donné que des formes estivales en raison de la mauvaise fer-

meture de la base du sac : la quantité de lumière qui diffusait dans l'intérieur du sac était pourtant extrêmement faible.

L'influence de la durée d'éclairement a été étudiée chez d'autres Insectes ; chez les Aphides, les sexupares et les sexués de *Brevicoryne brassicae* L. apparaissent quand la durée d'éclairement est de 11 à 12 h, ceux de *Myzodes* (*Myzus*) *persicae* SULZ. lorsqu'elle est de 13 h (BONNEMAISON 1951). Le Lépidoptère *Araschnia levana* L. présente deux formes imaginales : la forme d'été (*prorsa*) et la forme printanière (*levana*) qui a subi une longue diapause nymphale. L'apparition de ces deux formes est déterminée par de basses températures appliquées au cours d'une certaine période du développement nymphal (SUFFERT 1924). DANYLEVSKI (1948) a montré aussi que l'élevage des larves automnales sous des photopériodes de 9 à 16 h, à partir du 4ème âge ne donnait que des formes présentant une diapause (*levana*) ; mais sous un éclairement permanent, la proportion des nymphes en diapause tombe à 13 % et tous les papillons obtenus sont du type *prorsa*.

La photopériode est souvent l'agent responsable du déclenchement de la diapause chez des Insectes dont les générations d'été et d'hiver ne se distinguent que par l'existence de cette diapause : c'est le cas de *Laspeyresia molesta* BUSCH (DICKSON 1949), de *Diataraxia oleracea* L. pour une photopériode inférieure à 14 h (WAY et HOPKINS 1950), d'*Acronycta rumicis* (DANYLEVSKI et GLYNYANAYA 1949), de *Dendrolimus pini* L. et de *Polychrosis botrana* SCHIFF. (GEISPITZ), de certains *Aedes* et *Anopheles* (BAKER), etc. Chez le Ver à soie, c'est au contraire une longue photopériode qui déclenche la diapause (KOGURE 1933).

On observe les mêmes phénomènes chez les Tétranyques : les femelles d'hiver de *Metatetranychus ulmi* KOCH apparaissent quand la durée journalière de l'éclairement devient inférieure à 15 h (LEES 1953).

2. ACTION COMBINÉE DE L'ÉCLAIREMENT, DE LA TEMPÉRATURE ET DE LA FORME DES GÉNITEURS

Le tableau IX indique les résultats fournis par des expériences faites spécialement dans ce but, ou mentionnées précédemment, ou encore qui seront relatées ultérieurement et qui se rapportent à des élevages faits sous une durée d'éclairement égale ou inférieure à 12 h, depuis l'éclosion de l'œuf jusqu'à l'état adulte.

L'examen de ce tableau montre que l'on obtient presque constamment 100 p. 100 de formes hivernales dans la descendance de formes estivales, en opérant sous une durée d'éclairement inférieure ou égale à 12 h et à une température inférieure à 20° ; avec une durée d'éclairement de 12 h et une température égale ou supérieure à 20°, on obtient un mélange de formes hivernales, intermédiaires et estivales.

TABLEAU IX

Influence de la durée de l'éclairement, de la température et de la forme des géniteurs sur la production des formes estivales ou hivernales.

Durée de l'éclairemt.	Température	Géniteurs du type hivernal % de formes			Géniteurs du type estival % de formes		
		d'hiver	interméd.	d'été	d'hiver	interméd.	d'été
8 h	16°	97	3		100		
	22°	91	9		97	3	
	25°	92	6	2			
12 h	14,8	100			100		
		71	14	15			
	16°	100			100		
		82	10	8	100		
					93	7	
	17°-18°	61	21	18	100		
		85	11	3	100		
					100		
	20°	100			66		33
	22°-23°	83	5	12	100		
					35	24	41
16 h	16°			100			100
	22°			100			100

Si l'on fait des expériences dans les mêmes conditions (éclairement de 12 h et température inférieure à 20°) sur la descendance de formes hivernales, on obtient fréquemment un mélange des trois formes, ce qui montre l'influence du géniteur.

Tous les élevages effectués en totalité sous un éclairement journalier d'une durée de 16 h donnent des formes estivales, pour des températures comprises entre 14 et 25°.

Ces faits sont à rapprocher de ce qui a été observé chez les Aphides : les sexupares aptères ou ailés de *Brevicoryne brassicae*, *Myzodes persicae* et *Sappaphis plantaginea* PASS. n'apparaissent qu'à la 4e génération après la fondatrice, si celle-ci et ses descendants sont placés dans les conditions les plus favorables à la production des formes sexuées. Une température constante de 22° inhibe la production des femelles sexuées de *B. brassicae* et des sexupares ailés de *S. plantaginea*. Les mâles de *M. persicae* apparaissent parfois à une température constante de 25° alors que ceux de *B. brassicae* ne naissent qu'à des températures inférieures à 24-25° (BONNEMAISON 1951).

La ponte des œufs d'hiver de *Metatetranychus ulmi* est inhibée par une température de 25° et favorisée par de basses températures, même si la photopériode est longue (LEES 1953).

3. INFLUENCE DE L'ALIMENTATION

Nous avons déjà vu p. 485 que l'alimentation ne semblait pas jouer un rôle important ; dans les cas examinés, seul l'état de maturité des feuilles aurait pu avoir une action ; nous avions, en effet, obtenu des formes d'été sur des poiriers maintenus en végétation durant les mois d'octobre et de novembre ; inversement, nous avions pu produire expérimentalement des formes d'hiver sur des arbres dont le cycle végétatif venait de commencer.

Nous avons essayé de séparer l'action directe de l'éclairement sur le Psylle lui-même, du rôle joué indirectement par l'intermédiaire de la photosynthèse ; dans tous les essais énumérés jusqu'à présent, la plante-hôte subissait les mêmes conditions d'éclairement que les Psylles.

Expérience n° VII. — Deux lots de Psylles ont été élevés par arbre sur des poiriers soumis à une photopériode de 16 h.

Le lot A recevait 12 h d'éclairement journalier ; les rameaux feuillus sur lesquels il était élevé, étaient coiffés d'un sac de papier noir pendant 4 h durant lesquelles les plantes continuaient à être éclairées. Le lot B, élevé sur les mêmes arbres, était soumis à une photopériode de 16 h. Enfin, le lot C (témoin) était élevé sur un arbuste qui n'était éclairé que pendant 12 h.

Deux essais ont été effectués avec des géniteurs du type hivernal, l'un à la température de 16°, l'autre à 17°4 ; les résultats de ces expériences sont donnés dans le tableau X : il n'a été indiqué que la longueur moyenne des ailes des femelles.

TABLEAU X

Influence de durées différentes d'éclairement appliquées à la plante-hôte et aux Psylles.

Lots	Formes d'hiver		Formes interméd.		Formes d'été	
	Proportion	L. moy. des ailes	Proportion	L. moy. des ailes	Proportion	L. moy. des ailes
A. 1er essai (16°)	60	2,780	20	2,760	20	2,370
12 et 16 h. 2e essai (17°4)	74		4		22	
B. 1er essai (16°)					100	2,480
16 h. 2e essai (17°4)					100	
C. 1er essai (16°)	61	2,800	21,4	2,750	17,6	2,640
12 h. 2e essai (17°4(	100					

Des résultats très voisins ont été obtenus dans les lots A et C du 1er essai ; par contre des différences assez importantes ont été relevées dans le second essai. Ces expériences montrent que l'on peut obtenir

sur un même arbre des formes hivernales et estivales en intervenant sur la durée de l'éclairement reçue par le rameau porteur de psylles ; on peut objecter que cela se traduit par des modifications immédiates de la composition du tissu foliaire. Les larves abandonnent les feuilles au début du 4e âge pour aller se fixer sur les rameaux mais les larves plus jeunes ne peuvent s'alimenter que sur des feuilles ou des rameaux non aoûtés.

Des larves qui avaient été élevées sous 12 h d'éclairement depuis la naissance jusqu'au début du 4e âge ont été divisées en deux lots : l'un a été placé sur des rameaux effeuillées, éclairés pendant 12 h et l'autre sur des rameaux effeuillées éclairés pendant 16 h. Il a été obtenu dans le premier cas des formes hivernales typiques et, dans le second, des formes intermédiaires ne présentant pas de diapause.

L'alimentation semble donc avoir un rôle limité ; son action semble se borner à renforcer ou à contrarier l'effet de l'éclairement mais elle ne constitue pas un facteur déterminant.

Il s'est produit parfois dans nos élevages d'importantes surpopulations qui ont entraîné le dépérissement des arbres et une forte mortalité des Psylles. Il n'est jamais apparu de formes intermédiaires sous 16 h d'éclairement ; les survivants avaient une taille inférieure à la normale et la ponte était retardée, mais il n'a jamais été noté de type hivernal.

L'alimentation ne joue pas un rôle prépondérant chez les Aphides ; il n'apparaît pas plus de sexupares et de sexués de *B. brassicae* dans les élevages effectués sur des feuilles de Chou âgées que sur de jeunes feuilles. Pour des espèces dioeciques, telles que *M. persicae*, l'alimentation constituée par des feuilles de Chou (au lieu de celles du Pêcher, plante-hôte primaire), combinée avec une photopériode différente de la durée optimum pour la production des sexupares, permet de parvenir au remplacement de la reproduction sexuée par la reproduction parthénogénétique (BONNEMAISON 1951).

Chez les Tétranyques, la photopériode n'agit pas par l'intermédiaire de la plante-hôte mais l'alimentation exerce cependant une certaine action ; sous une durée d'éclairement de 16 h, *Metatetranychus ulmi* pond des œufs d'hiver s'il est alimenté avec des feuilles senescentes ou fortement attaquées par les Acariens (LEES 1953).

4. DÉTERMINATION DES AGES LARVAIRES SENSIBLES A L'ECLAIREMENT

Nous avons vu dans les pages précédentes que la forme des adultes dépend principalement des conditions de milieu s'exerçant sur les trois derniers âges larvaires ; d'autre part, des larves recevant un éclairement de 12 h jusqu'à la 4e mue et soumises ensuite à un éclairement de 16 h

deviennent des psylles morphologiquement très voisins des formes hivernales mais ne présentant pas de diapause.

Expérience n° VIII. — Cette expérience comprenait quatre essais effectués à différentes époques de l'année ; deux d'entre eux (VIII H1 et VIII H2) ont été réalisés à partir de la fin du mois de janvier à une température moyenne de 14° 75 ; les géniteurs étaient des formes hivernales. Les deux autres (VIII E1 et VIII E2) ont été effectués à une température moyenne de 16°, l'un (VIII E1) au cours du mois de septembre avec des Psylles récoltés à l'extérieur, l'autre (VIII E2) en avril avec des formes d'été obtenues expérimentalement.

Chaque essai a été divisé en deux séries :

Série A : Les larves élevées initialement sous un éclairement de 12 h ont été soumises, pendant un nombre variable d'âges selon les lots, à un éclairement d'une durée de 16 h.

Série B : Les larves élevées initialement sous un éclairement d'une durée de 16 h ont été soumises, pendant un nombre variable d'âges selon les lots, à un éclairement d'une durée de 12 h.

Les résultats de ces essais sont indiqués dans le tableau XI ; il a été fait les moyennes de chaque couple d'essais (E1 et E2 d'une part, H1 et H2 d'autre part) ; les âges larvaires éclairés pendant 12 h sont marqués du signe X et ceux qui étaient éclairés pendant 16 h, du signe O.

TABLEAU XI

Détermination des âges larvaires sensibles à l'éclairement.
Pourcentages des diverses formes obtenues.
12 h : X — 16 h : O

Série	Ages larvaires					Géniteurs : form. hiver.			Géniteurs : form. estiv.		
	1er	2e	3e	4e	5e	F. hiver	F. inter	F. été	F. hiver	F. inter	F. été
A 1...	X	O	O	O	O			100	0	12	88
2...	X	X	O	O	O			100		32	68
3...	X	X	X	O	O		3	97		91	9
4...	X	X	X	X	O		76	24		91	9
5...	X	X	X	X	X	96	4		100		
6...	X	O	O	X	X	55	15	30	100		
7...	X	O	O	O	X	14	7	79	87	11	2
8...	X	X	O	O	X	16	4	80	100		
9...	X	X	O	X	X	47	6	47	100		
10...	X	X	X	O	X	43	7	50	100		
B 1...	O	X	X	X	X	95	5		90	10	
2...	O	O	X	X	X	95	1	4	85	15	
3...	O	O	O	X	X	67	31	2	69	22	9
4...	O	O	O	O	X		47	53			100
5...	O	O	O	O	O			100			100
6...	O	X	X	O	O			100		48	52
7...	O	X	X	X	O		85	15		100	
8...	O	O	X	X	O		81	19		100	
9...	O	O	X	O	O			100			100
10...	O	O	O	X	O			67	33		100

Afin de faciliter l'interprétation de ces résultats, nous n'envisagerons d'abord que l'étude des conditions d'apparition des formes d'hiver pures, c'est-à-dire présentant une diapause ovarienne. Nous avons vu (p. 481) que des larves au 5e âge, récoltées en plein air à la mi-octobre et élevées sous une longue photopériode, ne présentaient pas de diapause tout en étant morphologiquement du type hivernal. L'examen du tableau XI montre qu'il ne peut être obtenu des formes hivernales que dans les lots où le 5e âge a été soumis à une photopériode de 12 h.

a) Production des formes hivernales ; sensibilité des divers

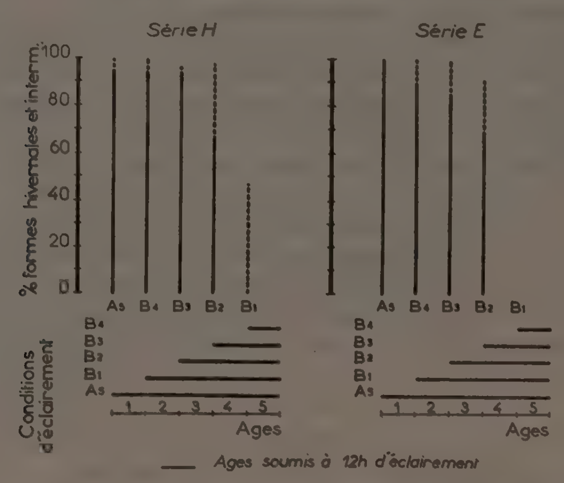


Fig. 27. — Influence d'un éclairement d'une durée de 12 h appliqué sur le 5e âge et les âges antérieurs ; les formes hivernales sont représentées en trait plein et les formes intermédiaires en pointillé (Exp. VIII).

âges larvaires. — (Lots A5 à A10, B1 à B5 et B9 à B10). Quand une photopériode de 12 h est appliquée uniquement sur le 5e âge larvaire, il n'apparaît pas de formes d'hiver (B4) ; on obtient exclusivement des Psylles du type estival pur dans la série E et 47 p. 100 de formes intermédiaires dans la série H. Des résultats voisins sont obtenus si l'on ne fait intervenir une photopériode courte que sur le 4e âge (B10). Un éclairement de 12 h appliqué seulement au 3e âge n'entraîne la production ni de formes hivernales ni de formes intermédiaires, dans la série E comme dans la série H (B9).

Par contre, une photopériode de 12 h appliquée sur les 4e et 5e âges ou sur les 3e, 4e et 5e âges entraîne la production d'un pourcentage élevé de formes hivernales ; la sensibilité des 1er et 2e âges est faible ou nulle (fig. 27).

On peut exprimer ces résultats d'une autre manière : en faisant la différence entre les pourcentages des formes obtenues dans chaque lot,

Ages soumis à un éclairement de 12 h	% de formes hivernales (H) et intermédiaires (I)	
	Serie H	Serie E
5ᵉ (Lot B 4)	0 H + 47 I	0 H + 0 I
4ᵉ + 5ᵉ (Lot B 3)	67 H + 31 I	69 H + 22 I
3ᵉ + 4ᵉ + 5ᵉ (Lot B 2)	95 H + 1 I	85 H + 15 I
2ᵉ + 3ᵉ + 4ᵉ + 5ᵉ (Lot B 1)	95 H + 5 I	90 H + 10 I
1ᵉ + 2ᵉ + 3ᵉ + 4ᵉ + 5ᵉ (Lot A 5)	96 H + 4 I	100 H

on peut déterminer l'importance relative de la sensibilité de chaque âge à l'éclairement. Le 3ᵉ et le 4ᵉ âges sont les plus sensibles à un éclairement de 12 h ; ce sont eux qui déterminent la morphologie des adultes. Les chiffres obtenus dans les séries H et E sont très voisins, sauf dans le lot où la photopériode de 12 h n'est appliquée que sur le 5ᵉ âge : les descendants des formes hivernales comprennent 47 p. 100 d'intermédiaires alors qu'il y en a 0 p. 100 dans la série E. Il semble donc bien que les formes hivernales ne puissent apparaître, pour la série H comme pour la série E, que par l'action simultanée d'une photopériode courte sur les 4ᵉ et 5ᵉ âges larvaires et que le 5ᵉ âge soit relativement plus sensible dans la série H que dans la série E.

Les différences entre les deux séries se révèlent davantage par l'examen des lots A5 à A10 où une photopériode de 12 h a été appliquée au 1ᵉʳ et au 5ᵉ âges ainsi qu'à des âges variables selon les lots. Pour la série H (parents du type hivernal), les résultats confirment ce qui a déjà été vu : les deux premiers âges sont peu sensibles à l'éclairement, les 3ᵉ ou 4ᵉ âges ont beaucoup plus d'importance (comparer les lots A7 et A8 avec les lots A6, A9, A10). L'exposition du 1ᵉʳ ou du 1ᵉʳ et du 2ᵉ âges à une photopériode courte entraîne cependant l'apparition d'une faible proportion de formes hivernales (lots A7 et A8 comparés au lot B4).

Dans la série E (parents du type estival) au contraire, les premiers âges ont un rôle considérable : dans tous les lots A6 à A10, la proportion des formes hivernales obtenues est très élevée. Ces formes sont typiquement hivernales, tant du point de vue morphologique que du point de

Tableau XII

Résultats fournis par les dissections des lots A5 à A10 de la série E.

Nᵒ des lots	Age moyen des femelles	Développement des ovaires (en %)				
		0	Bb	Bj	Mm	1ᵉʳ œuf
A 5	30 jours	10	50	40		
A 6	dᵒ	7	15	71	7	
A 7	30 — 40 jours	74	11	12	3	
A 8	dᵒ	77	1	22		
A 9	dᵒ	16	32	52		
A 10	dᵒ	11	44	17	22	6

vue physiologique, ainsi que le prouvent les dissections des femelles effectuées 30 à 40 jours après la mue imaginale (tableau XII).

b) Production des formes estivales. — L'examen du tableau XI montre qu'il ne peut être obtenu 100 p. 100 de formes estivales que dans les conditions suivantes :

— descendants de formes hivernales — avec un éclairement de 16 h sur le 5e âge et en outre sur le 4e âge ;

— descendants de formes estivales — avec un éclairement de 16 h sur le 5e âge ainsi que sur les 1er et 2e âges et, en outre, le 3e (B 10) ou le 4e âge (B 9) ; il a été également obtenu 100 p. 100 de formes estivales avec une photopériode de 16 h appliquée sur les quatre premiers âges (B 4).

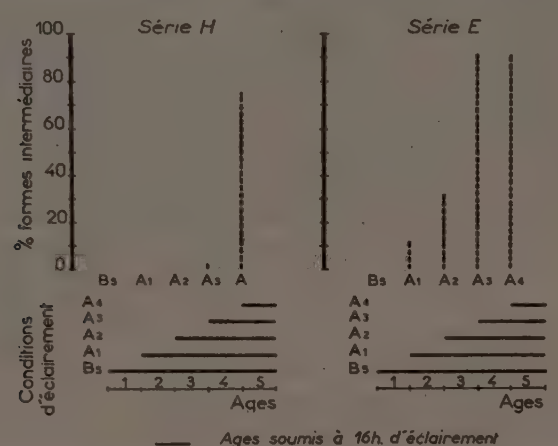


Fig. 28. — Influence d'un éclairement d'une durée de 16 h appliqué sur le 5e âge et les âges antérieurs sur la production des formes intermédiaires (Exp. VIII).

c) Production des formes intermédiaires : sensibilité des divers ages larvaires. — Nous comparerons ici les lots dans lesquels le 5e âge larvaire a toujours été exposé à un éclairement quotidien de 16 h, les autres âges étant soumis à des photopériodes de 12 ou 16 h (Lots A1 à A4 et B5 à B10).

Quand le 5e âge seul (lot A4) a reçu un éclairement journalier d'une durée de 16 h, les formes obtenues sont morphologiquement très voisines du type hivernal mais elles ne présentent pas de diapause ; le pourcentage de formes intermédiaires est plus élevé dans la série E que dans la série H.

Une photopériode de 16 h appliquée aux 4e et 5e âges (lot A3) entraîne la production de 3 p. 100 d'intermédiaires dans la série H et de 91 p. 100 dans la série E ; la proportion de ces intermédiaires diminue progressivement lorsque le 3e, puis le 2e et enfin le 1er âges subissent également un éclairement de longue durée (Lots A2, A1, et B5, fig. 28).

Les résultats des lots B6 à B10 confirment les résultats précédents. Dans la série H, l'influence du 4e âge est prépondérante ; celle du 3e âge n'est sensible que lorsque le 4e âge subit également une photopériode courte (Lots B9 et B8, B6 et B7) ; le 2e âge n'intervient pratiquement

TABLEAU XIII

Pourcentages de formes intermédiaires obtenues par l'action d'un éclairement de 12 h sur les 1e, 2e, 3e et 4e âges.

Ages soumis à 12 h		Série H	Série E
1 et 2	lots A 2	0	32
2 et 3	B 6	0	48
3	B 9	0	0
4	B 10	33 (21[1])	0
3 et 4	B 8	81 (27[1])	100
2,3 et 4	B 7	85 (35[1])	100

(1) Pourcentages d'Insectes ayant un type hivernal très marqué.

pas. L'influence des 1er, 2e et 3e âges est plus grande dans la série E que dans la série H.

Parallèlement à l'expérience VIII, deux essais ont été réalisés afin de mettre en évidence le rôle des derniers âges larvaires dans la détermi-

TABLEAU XIV

Influence d'un éclairement de 16 h appliqué sur les derniers âges larvaires aux températures de 23° et de 16°.

Tempér.	Age	Durée du séjour sous 16 h avant la mue imaginale	Types morphologiques obtenus en %				
			Hivernaux		Intermédiaires à tendance		Estivaux
			foncés	clairs	hivernale	estivale	
23°C	5e	0-2 jours	16	41	35		8
		2-4 —	15	32	25	7	21
		4-6 —	5	35	26	17	17
	4e	6-9 —		37	21	16	26
		9-11 —			33	40	27
		11-13 —				38	62
	3e	13-16 —			14	7	79
		16-19 —			5	8	87
16°C	5e	0 —	62	8	17	9	4
		1- 3 —	61		16	6	16
		3- 6 —	61	27	12		
		6-10 —	36	45	7	7	
		10-14 —	25	25	50		

N. B. — A 23°, les durées des 5e, 4e et 3e âges sont respectivement de 8, 5 et 4 jours ; à 16°, le 5e âge dure 11 jours.

nation du type morphologique de l'adulte. Le premier a été réalisé avec des larves provenant de formes hivernales qui ont été élevées sous une photopériode de 12 h et aux températures de 23 ou de 16° (Série H). Le second a porté sur une population de larves au 5e âge récoltées le 25 octobre dans un verger et provenant par conséquent de formes estivales (Série E) qui ont été élevées sous 12 h d'éclairement et à 16°. Dès que les premières mues imaginales ont eu lieu, l'élevage a été soumis

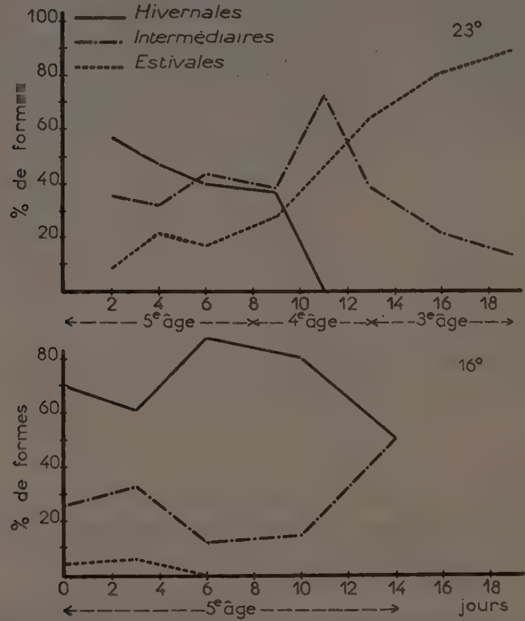


FIG. 29. — Pourcentages de formes hivernales, intermédiaires et estivales obtenues par l'action d'un éclairement de 16 h sur les derniers âges larvaires, aux températures de 23 et de 16°. (série H).

à une photopériode de 16 h. Les adultes ont été récoltés tous les jours dans la série E, tous les deux ou trois jours dans la série H ; on disposait ainsi de lots de Psylles qui avaient été soumis à une photopériode de longue durée seulement pendant un temps variable avant la mue imaginale.

Dans la série E, il n'a été observé aucune différence morphologique entre les différents lots : tous les adultes appartenaient au type hivernal : une longue photopériode appliquée sur le dernier âge de larves issues de formes estivales n'exerce donc aucune action. Dans la série H, conformément à ce qu'il a déjà été vu, il n'est apparu qu'une certaine proportion de formes hivernales (tableau XIV, graphique n° 29) ; cette proportion n'est pas affectée par les conditions d'élevage du 5e âge. Au contraire, le 4e âge présente une grande sensibilité à l'éclairement, de

même que le 3e âge ; le nombre des formes intermédiaires diminue fortement dans les lots qui ont reçu une photopériode de longue durée à partir du 3e âge.

L'ensemble des résultats fournis par l'expérience VIII a été représenté graphiquement sur la figure 30 ; les pourcentages des formes hivernales ou intermédiaires sont portés en ordonnées ; les conditions d'élevage de chaque lot sont indiquées sur l'horizontale qui passe par l'ordonnée du pourcentage obtenu et qui coupe les 5 colonnes indiquant les âges ; la droite indique seulement les âges soumis à une photopériode de 12 h, les autres âges du lot étant éclairés pendant 16 h.

5. CONCLUSIONS

1° Rôle des facteurs externes — L'apparition des différentes formes est sous la dépendance étroite de la photopériode. Une durée journalière d'éclairement inférieure à 13 h 30 entraîne l'apparition des formes d'hiver. Une très faible intensité lumineuse assure le déclenchement du phénomène. La photopériode intervient directement sur l'Insecte ; son action indirecte par l'intermédiaire de la plante-hôte est faible.

La température a un rôle faible dans les limites de 14 à 22°. Les températures basses favorisent l'apparition des formes hivernales, les températures élevées augmentent la proportion des formes estivales.

La qualité de l'alimentation intervient dans une faible mesure ; une alimentation déficiente, consécutive à une très forte densité des Insectes n'a pas d'influence.

2° Il convient de distinguer, dans le déterminisme de l'apparition des formes d'hiver, deux phénomènes bien distincts :

— le type morphologique hivernal qui est à peu près définitivement déterminé à la fin du 4e âge, que les parents appartiennent au type estival ou au type hivernal ;

— la diapause, qui est la caractéristique essentielle du type hivernal, n'est déterminée que par les conditions d'élevage du 5e âge et de l'adulte. Elle ne se déclenche que chez les Psylles du type morphologique hivernal : des larves élevées durant les quatre premiers âges sous un éclairement de longue durée, puis durant le 5e sous une courte photopériode ne donneront que des adultes du type estival sans diapause.

3° La forme à laquelle appartiennent les parents intervient aux différents points de vue suivants :

a) Dans les conditions les plus favorables à l'obtention des formes hivernales, la proportion de ces dernières est toujours plus élevée quand les parents appartiennent au type estival. Il est plus aisé d'obtenir des formes hivernales dans la descendance des formes d'été que dans celle des formes d'hiver (fig. 30).

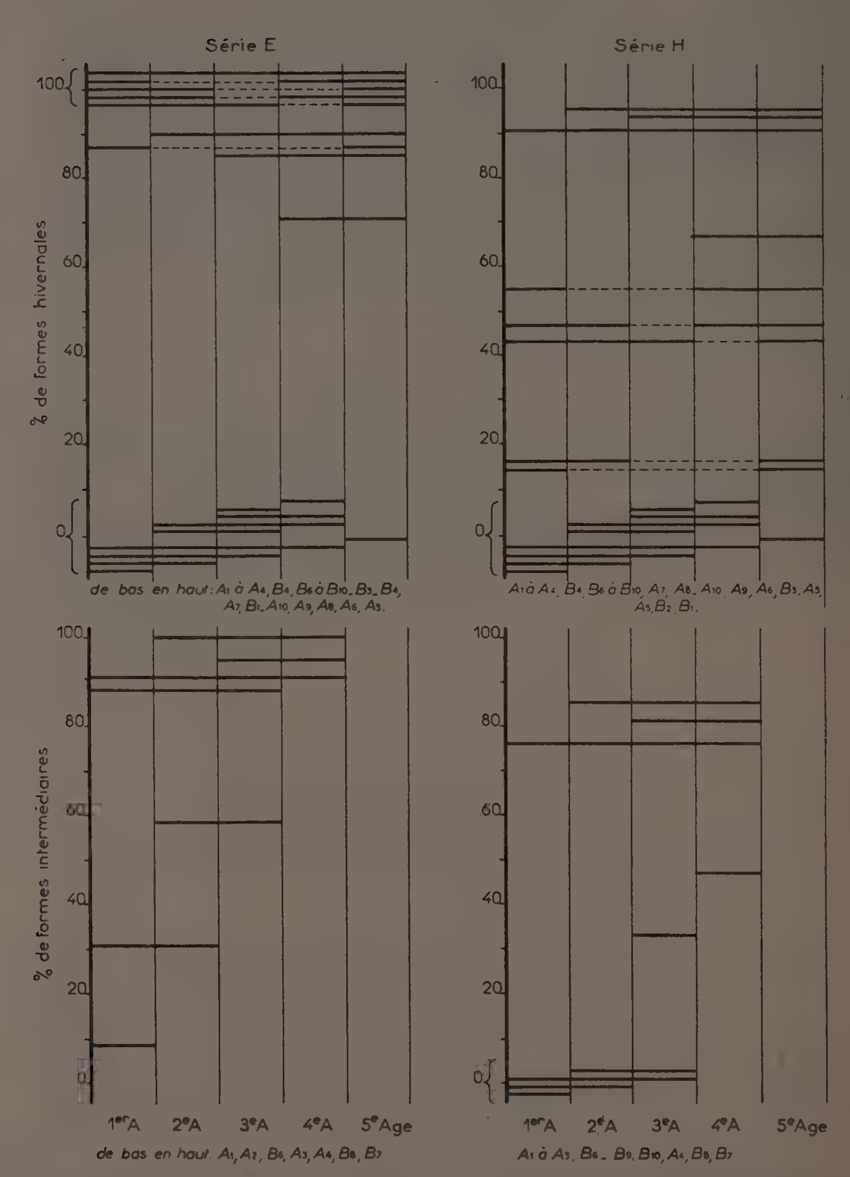


FIG. 30. — Graphique récapitulatif des résultats fournis par l'expérience VIII. Les conditions d'élevage de chaque lot sont indiquées sur l'horizontale passant par l'ordonnée du pourcentage de formes hivernales ou intermédiaires obtenues. Sur cette horizontale, seuls les âges qui ont reçu 12 heures d'éclairement sont indiqués par un trait plein.

b) Inversement, en faisant intervenir une longue photopériode, on obtient généralement un pourcentage plus élevé de formes estivales dans la descendance des formes hivernales que dans celle des estivales (fig. 30).

c) La sensibilité des différents âges à la photopériode n'est pas la même pour les descendants des formes hivernales. Les conditions d'élevage du 1er et du 2e âges sont sans importance : sur la figure 30, on remarque le groupement des résultats fournis par les lots qui ne diffèrent que par la durée de l'éclairement subie au cours des deux premiers âges : lots A5, B1 et B2, B3 et A6, A7 et A8, A1, A2, A3 et B6 ; de même, les proportions des formes intermédiaires obtenues dans les lots B7, B8 et A4 sont très voisines. Ce sont les 3e et 4e âges qui déterminent le type morphologique, le 4e étant le plus important.

Au contraire, pour les descendants de formes estivales, le 1er et le 2e âges contribuent à l'apparition du type hivernal ou du type intermédiaire quand ils sont soumis à un éclairement de 12 h.

d) Il est difficile d'accorder une valeur intrinsèque à un âge donné, notamment lorsque les parents appartiènnent au type estival. Il est fréquent que deux âges, consécutifs ou non, soumis isolément à l'action d'une photopériode courte ne fassent preuve d'aucune sensibilité à l'action de l'éclairement ; si ces deux âges sont soumis simultanément à la même photopériode, la proportion des formes hivernales ou intermédiaires obtenues est très élevée. Tout se passe comme si l'action de la lumière sur le premier âge soumis à l'expérimentation provoquait une modification latente du milieu qui s'extériorise si l'animal est placé à nouveau dans des conditions favorables ; c'est ainsi que le 5e âge seul est peu sensible à la photopériode ; associé au 4e ou au 3e âge chez les descendants des Psylles hivernants, à l'un quelconque des autres âges chez ceux des Psylles estivants, il acquiert une grande importance. Chez les descendants de Psylles hivernants, un éclairement de 12 h appliqué au 4e âge entraîne l'apparition de 33 p. 100 d'intermédiaires et de 0 p. 100 sur le 3e âge, mais on obtient 81 p. 100 d'intermédiaires si l'on fait agir cette photopériode courte sur les 3e et 4e âges. On peut multiplier les exemples de ce genre avec chacun des différents âges, pour les descendants des Psylles d'été (comparer par exemple les lots A1, B4 et A7, etc...)

Ces résultats concordent avec ce qui est observé en plein air. Des élevages effectués au printemps sous l'éclairement naturel ont donné des adultes jusqu'au 16 avril : ces Insectes appartenaient morphologiquement au type hivernal mais n'ont pas présenté de diapause. Nous avons vu, en outre, que les Psylles les plus précoces de la première génération, qui apparaissent au début du mois de mai, étaient du type intermédiaire. Or, la durée du jour ne devient supérieure à 13 h 30 qu'à partir du 15 avril ; à cette date, les larves étaient encore au 4e âge (fig. 3), ce qui a

entrainé l'apparition des caractères morphologiques hivernaux (cas analogue au lot A4, série H).

A l'automne, au contraire, les formes hivernales apparaissent brutalement, ce qui est conforme aux résultats obtenus dans la série E où la production des formes d'hiver est le plus souvent un phénomène total. Les premières formes hivernales qui apparaissent à l'automne sont généralement au 4e âge aux environs du 25 août, c'est-à-dire lorsque la durée du jour devient inférieure à 13 h 30.

IV. — ÉTUDE DE LA DIAPAUSE DES FORMES D'HIVER

Les formes hivernales apparaissent, dans les conditions naturelles, à partir du début du mois de septembre ; l'accouplement a généralement lieu dans la seconde quinzaine du mois de janvier ; la ponte commence quelques jours plus tard et n'est régulière qu'à la fin du mois de février. On pouvait supposer que la ponte ne se produisait que plusieurs mois après l'éclosion de l'adulte parce que la température-seuil de développement des ovaires n'était pas atteinte au moment où ces derniers étaient capables de s'accroître, ou parce qu'il y avait une diapause imaginale.

A. — Mise en évidence de l'existence d'une diapause imaginale

Nous avons étudié ce problème par l'observation du développement des gonades chez les Insectes récoltés en plein air à des dates échelonnées et en nous efforçant de provoquer la ponte peu de temps après la mue imaginale en faisant appel à une température suffisamment élevée ainsi qu'à une longue photopériode.

1. CROISSANCE DES GONADES DURANT L'HIVER

Des Psylles de la forme hivernale dont la mue imaginale avait eu lieu entre le 5 et le 16 octobre 1953 ont été laissés à l'extérieur pendant tout l'automne dans des cylindres de mousseline entourant des branches de Poirier ; des Insectes étaient prélevés et examinés tous les 5 à 20 jours.

Les résultats fournis par les dissections des femelles sont mentionnés dans le tableau XV.

Les premiers cas de pénétration effective des symbiontes ont été constatés le 31 décembre, la ponte a débuté le 21 janvier 1954 dans la vallée de l'Orge et le 12 février à Versailles. L'examen du tableau montre que les ovaires se sont développés d'une façon très régulière.

Ainsi que le montre le graphique (fig. 31) représentant la courbe

TABLEAU XV

Développement des ovaires au cours de l'automne et de l'hiver 1953-1954.

Date de la dissection	Durée du séjour à l'extérieur à dater du 10 octobre	Stades de développement des ovaires (en %)					% de femelles fécondées	Longueur maximum des ovocytes en µ
		0	Baguette blanche	Baguette jaune	Migration du mycétome	1er œuf mûr		
11 octobre...	1 jour	50	50				0	
16 — ...	6 —	30	70				0	26
29 — ...	19 —	15	85				0	30
12 novembre.	33 —	10	25	65			0	52
23 — .	44 —		25	75			0	65
2 décembre.	53 —		40	60			0	90
15 — .	66 —		12	62	26		0	110
31 — .	82 —			45	55		0	155
11 janvier ..	93 —			48	52		14	195
16 — ..	98 —			33	55	12	18	330
23 — ..	105 —			10	40	50	22	
10 février ...	123 —				75	25	50	1er œuf
1er mars	142 —					100	100	dans oviducte

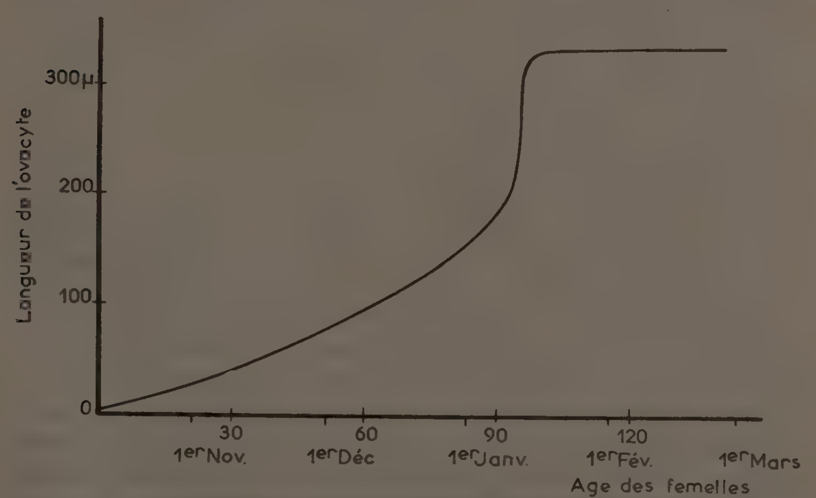


FIG. 31. — Courbe moyenne de croissance du plus gros ovocyte au cours de l'hiver 1953-1954.

de croissance du plus gros ovocyte, l'ovocyte se développe lentement jusqu'à la date du 10 janvier puis sa taille augmente brusquement en quelques jours.

Le développement des ovarioles s'est déroulé normalement (voir p. 473) ; 3 jours après la mue imaginale, il y avait 6 à 8 chambres germinatives blanches ou blanchâtres ; le 6e jour, seules les chambres ger-

minatives du sommet de l'ovaire étaient encore translucides, les parois folliculaires étaient en cours d'épaississement et les premiers ovocytes commençaient à s'isoler. Le nombre des ovocytes parvenus au même stade de développement s'est accru : celui des ovocytes parvenus au stade « baguette jaune » est passé de 5-8 le 23 novembre à 12-14 le 15 décembre. Il s'est produit à la fin du mois de février une disparition générale des réserves adipeuses correspondant à la maturité de 6 à 10 ovules par ovaire.

Afin de représenter graphiquement le développement des ovaires la notation suivante a été adoptée : Stade 0 : 0, stade « baguette blanche » :

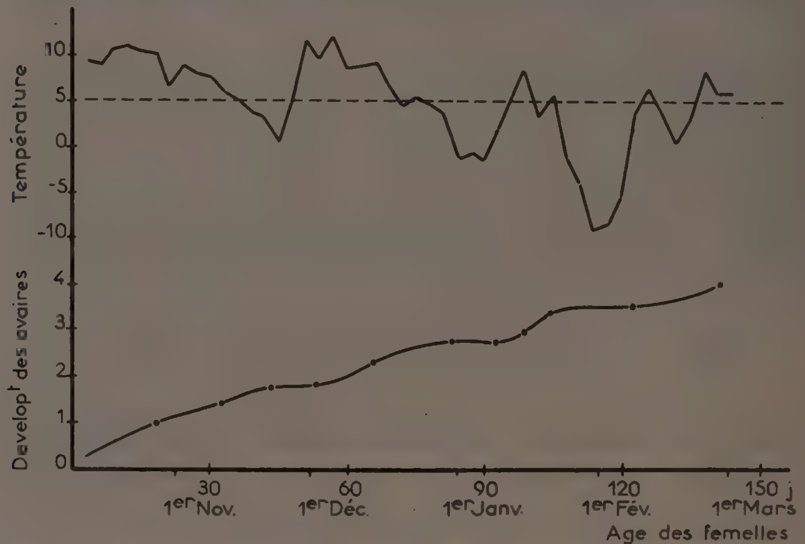


Fig. 32. — Températures moyennes par périodes de 3 jours à 2 m sous abri et état moyen de maturité des femelles durant l'hiver 1953-1954, d'après la méthode de notation ci-dessus.

1, stade « baguette jaune » : 2 et 2,5, stade « migration du mycétome » : 3 et 3,5, stade « 1er œuf mûr » : 4, stade de « maturation générale » : 5. La croissance a été lente et continue (fig. 32) avec des périodes d'arrêt (23 novembre-2 décembre, 31 décembre-11 janvier et 23 janvier-10 février) correspondant à des températures inférieures à + 5°. Les premières pontes n'ont été observées que le 12 février bien qu'il y ait eu des œufs mûrs dans les ovaires, et même dans les oviductes, dès le 16 janvier ; ce retard est dû à la vague de froid qui a sévi entre le 24 janvier et le 8 février (temp. moyenne durant cette période : — 4,6).

Les *organes mâles* (fig. 12) se sont développés d'une façon aussi régulière que les ovaires, au moins en ce qui concerne les testicules ; les dimensions de ces derniers ont diminué progressivement jusqu'au début du mois de janvier. La pénétration des spermatozoïdes dans la vésicule

séminale a commencé le 5e jour après la mue imaginale ; la taille de la vésicule séminale s'est accrue au cours du premier mois et est restée ensuite sensiblement constante. Les glandes annexes se sont développées rapidement puis ont régressé lentement.

Bien que les organes génitaux des mâles soient mûrs à partir des derniers jours d'octobre, la première femelle fécondée n'a été observée que le 11 janvier ; la pénétration des symbiontes dans l'ovocyte était effective à cette date. Dans les conditions expérimentales, la fécondation des femelles a souvent été constatée à des stades plus précoces de développement (Tableau n° III, p. 478).

TABLEAU XVI

Températures moyennes par décades à 2 m sous abri.

Mois	Années							
	1950-1951		1951-1952		1952-1953		1953-1954	
Octobre :								
1re décade	13,3		11,5		9,5		11,4	
2e —	11,6	10,3	9,4	9,6	8,6	9,94	12,4	11,4
3e —	6,5		8,1		11,6		10,6	
Novembre :								
1re décade	7,2		10,0		7,4		8	
2e —	8,3	7,3	9,5	8,9	1,3	4,27	4,1	5,8
3e —	6,4		7,2		4,1		5,3	
Décembre :								
1re décade	2,7		5,9		0,5		9,8	
2e —	1,1	0,23	2,3	4,7	4,3	2,8	7,6	6,88
3e —	— 2,9		5,7		4,5		3,6	
Janvier :								
1re décade	5,0		4,1		— 1,4		— 0,9	
2e —	6,1	5,0	4,6	2,81	— 1,3	0,12	5,3	0,88
3e —	4,0		0,1		2,9		— 1,6	
Février :								
1re décade	4,1		3,1		1,2		— 4,4	
2e —	5,2	4,45	1,3	2,39	1,7	2,77	3,4	1,43
3e —	4,0		2,8		6,1		6,2	
1res pontes	21 janvier		20 janvier		20 février		12 février	

Bien que la température-seuil de développement des ovaires soit voisine de 5°, la température hivernale modifie la vitesse de croissance des ovaires ainsi que le montre l'examen comparatif des états de développement des ovaires durant les années 1951 à 1954. Au début du mois de décembre 1952, les ovaires étaient généralement au stade « baguette jaune » mais le stade « migration du mycétome » n'a été noté que vers le milieu du mois de janvier et les premières pénétrations de symbiontes à la fin du mois. Les premières pontes ont été trouvées le 20 février alors qu'elles avaient été observées le 21 janvier 1951 et le 20 janvier 1952 ; en 1954, il y avait des œufs mûrs dans les ovaires le 16 janvier mais il n'y a pas eu de pontes avant le 12 février.

Ce retard du développement ovarien en 1953 et 1954, en comparaison avec ce qui a été observé en 1951 et 1952, peut s'expliquer par les températures plus faibles du mois de janvier ; nous avons signalé précédemment qu'une température moyenne inférieure à 5° entraînait un ralentissement ou même un arrêt de la croissance des ovaires.

2. OBTENTION EXPÉRIMENTALE DE LA PONTE AU COURS DE L'HIVER

Au cours des automnes 1951 et 1953, il a été effectué à intervalles réguliers des prélèvements de Psylles dans un verger de poiriers ; ces Psylles avaient été triés au moment de la mue imaginale et groupés, d'après la date de cette dernière, dans des sachets de mousseline.

En 1951, toutes les expériences ont été faites sur des Insectes qui sont devenus adultes entre le 6 et le 10 septembre ; les Psylles étaient élevés sous un éclairement de 12 h et à une température moyenne de 18°.

Les Insectes utilisés en 1953 ont mué entre le 5 et le 16 octobre et les prélèvements ont été faits tous les 15 jours ; les élevages réalisés à une température moyenne de 17° ± 1° comprenaient deux lots, l'un éclairé 12 h par jour et l'autre pendant 16 h ; tous les Psylles ont été disséqués le 7 janvier.

TABLEAU XVII

Dates des premières pontes de Psylles récoltés à l'extérieur à des dates échelonnées et élevés au laboratoire.

Date de rentrée au laboratoire	Durée moyenne de séjour à l'extérieur	Éclairement 12 h.		Éclairement 16 h.	
		Date de la ponte	Durée séjour au laboratoire	Date de la ponte	Durée séjour au laboratoire
10 Sept. 1951	0 jour	27 Nov.	78 jours		
2 Octobre	22 —	24 —	53 —		
6 Novembre	57 —	3 Déc.	27 —		
27 —	78 —	8 —	11 —		
27 Décembre	108 —	2 Janv.	6 —		
16 Octobre 1953	6 —			12 Nov.	27 jours
29 —	18 —	17 Déc.	49 —	21 —	23 —
12 Novembre	33 —	14 —	32 —	28 —	16 —
23 —	44 —	10 —	17 —	2 Déc.	9 —
2 Décembre	53 —	10 —	8 —	10 —	8 —
15 —	66 —	22 —	7 —	21 —	6 —
31 —	82 —			4 Janv.	4 —

L'examen du graphique (fig. 33) révèle que la ponte se déclenche très rapidement à partir de la troisième décade du mois de novembre lorsque l'Insecte est placé à une température élevée ; au delà de cette date, le temps nécessaire à l'achèvement de la maturation des ovaires ne diminue plus que faiblement.

Il peut donc être distingué deux périodes au cours de la vie imaginale des Psylles de la forme hivernale. Il y a d'abord une période pendant laquelle les Psylles sont en état de diapause ; alors que les gonades évoluent très lentement à l'extérieur (tableau XV), le temps nécessaire au déclenchement de la ponte sous une température de 17 à 18° diminue très rapidement au cours de cette période, malgré l'abaissement de la

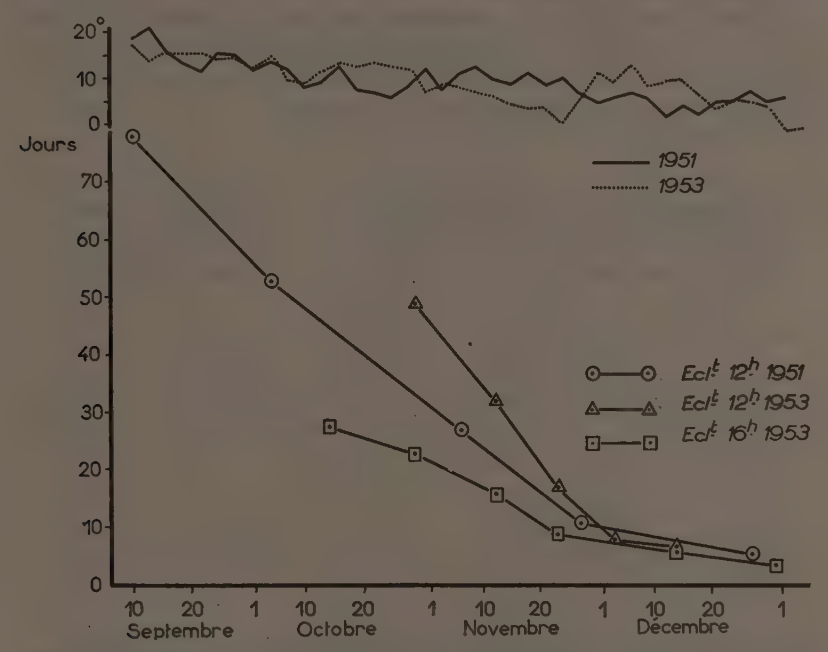


FIG. 33. — Temps nécessaire au déclenchement de la ponte en fonction de la durée du séjour à l'extérieur des Psylles du type hivernal. (Insectes devenus adultes entre le 6 et le 10 septembre 1951 ou entre le 5 et le 16 octobre 1953.)

température extérieure ; il passe, selon les cas, de 78 à 11 jours, de 27 à 8 ou de 49 à 7 jours.

Nous avons vu que chez les femelles du type estival, où la croissance ovarienne se fait de façon continue, l'ovocyte le plus avancé peut atteindre le stade « baguette blanche » au moment de la mue imaginale, que les stades « baguette jaune » et « migration du mycétome » sont atteints le 3e jour après la mue imaginale et que la ponte peut commencer dès le 4e jour (p. 479). Ce n'est qu'à partir du 23-30 novembre que le développement des ovaires est très rapide chez les femelles récoltées à l'extérieur et élevées à 17-18° (fig. 33), c'est-à-dire au moment où les ovaires sont parvenus à la fin du stade « baguette jaune » (tableau XV) ; il semble donc que l'état de diapause cesse à ce stade, c'est-à-dire au moment où un deuxième cycle d'ovocytes arrive à cette phase (10 à 15 ovules sont alors

au stade « baguette jaune » et les plus gros mesurent 80 à 90 μ) ; dans ces conditions, la durée de la diapause en 1953 s'est étendue en moyenne du 10 octobre au 23 novembre et a été de 43 jours ; pour les Psylles dont la mue imaginale a eu lieu entre le 6 et le 10 septembre 1951, elle n'a cessé qu'aux environs du 27 novembre et sa durée a donc été de 77 jours.

Tous les lots de l'expérience faite en 1953 ont été disséqués au début du mois de janvier ; les lots élevés sous 12 h d'éclairement ont été un peu plus hétérogènes que ceux recevant 16 h de lumière ; l'homogénéité a augmenté avec la durée du séjour à l'extérieur.

Tableau XVIII

Etat de développement, au début de janvier, des ovaires des femelles ayant mué entre le 6 et le 16 octobre 1953, après un séjour de durée variable à une température de 17° et un éclairement journalier de 12 ou de 16 h (en p. 100).

Date rentrée au laboratoire	Durée du séjour		Conditions d'éclairement en laborat.	Développement des ovaires			
	à l'extérieur	au laboratoire		Baguette jaune	Migration mycétome	1er œuf	Maturité générale
29 octobre	19	70	12 h	10	70	20	
12 novembre	33	56	16		34	36	30
	»	»	12	11	71	18	
23 novembre	44	45	16		25	30	55
	»	»	12	9	12	30	49
2 décembre	53	36	16			40	60
	»	»	12		20	20	60
15 décembre	66	23	16				100
	»	»	12		5	10	85

B. — Facteurs intervenant sur la diapause

1. INFLUENCE DE LA DATE DE LA MUE IMAGINALE SUR LA DIAPAUSE

D'importantes colonies larvaires ont été rassemblées au début des mois d'octobre 1953 et 1954 sur des poiriers de la Station (Var. Passe-Crassane). Les adultes ont été prélevés à intervalles réguliers dès la mue imaginale et soumis aux conditions suivantes : en 1953, ils ont été déposés sur des poiriers en pot placés dans un local maintenu à une température moyenne de 16° et exposés à des photopériodes de 12 ou de 16 h ; des Insectes ont été disséqués de temps à autre ; en 1954, ils ont été mis sur des rameaux coupés soumis à 12 h d'éclairement et à une température de 18°.

TABLEAU XIX

Influence de la date de la mue imaginale sur la durée de la diapause de Psylla pyri L.

Automne 1953					Automne-Hiver 1954-1955		
Date de la mue imaginale	Éclairement de 16 h		Éclairement de 12 h.		Date de la mue imaginale	Éclairement de 12 h	
	Date de la 1re ponte	Délai de ponte après la mue imaginale	Date de la 1re ponte	Délai de ponte		Date de la 1re ponte	Délai de ponte
24 septembre.........	13 novembre	46 jours	14 décembre	81 jours			
5-16 octobre.........	12 novembre	27 —	7 janvier	72 jours	8 octobre	7 février	105 jours
27 octobre...........	16 novembre	15 —			12 octobre	25 février	128 —
					20-23 octobre	11 décembre	49 —
					24-28 octobre	17 décembre	50 —
					29 octobre	21 janvier	84 —
					30 octobre	24 décembre	55 —
6 novembre.........	21 novembre	15 jours	22 décembre	46 jours	31 oct.-2 nov.	27 décembre	55 jours
9 novembre.........	28 novembre	21 —	17 décembre	38 —	31 oct.-3 nov.	17 décembre	45 —
14 novembre.........	2 décembre	18 —	16 décembre	32 —	4-6 novembre	24 décembre	48 —
19 novembre.........			10 décembre	21 —	6-13 novembre	24 décembre	41 —
28 novembre.........	10 décembre	12 —	14 décembre	16 —	13-20 novembre	27 décembre	37 —
3 décembre.........	14 décembre	11 jours	17 décembre	14 jours	2-10 décembre	24 décembre	14 jours
8 décembre.........	14 décembre	6 —	22 décembre	14 —	7 décembre	24 décembre	17 —
11 décembre.........	26 décembre	15 —			10-18 décembre	4 janvier	17 —
					18 déc.-7 janv.	15 janvier	8 jours
					7-17 janvier	22 janvier	7 —
					17-22 janvier	5 février	14 —
					22 janv.-9 févr.	14 février	5 jours

Déclenchement de la ponte. — Les dates auxquelles ont eu lieu les premières pontes, ainsi que le temps écoulé entre la mue imaginale et la ponte, sont indiqués sur le tableau XIX et le graphique n° 34.

On voit que le délai de ponte a été d'autant plus court que les Psylles sont devenus adultes plus tard à l'automne ; il a été plus bref sous 16 h d'éclairement que sous 12 h, conformément à ce que nous avons déjà signalé.

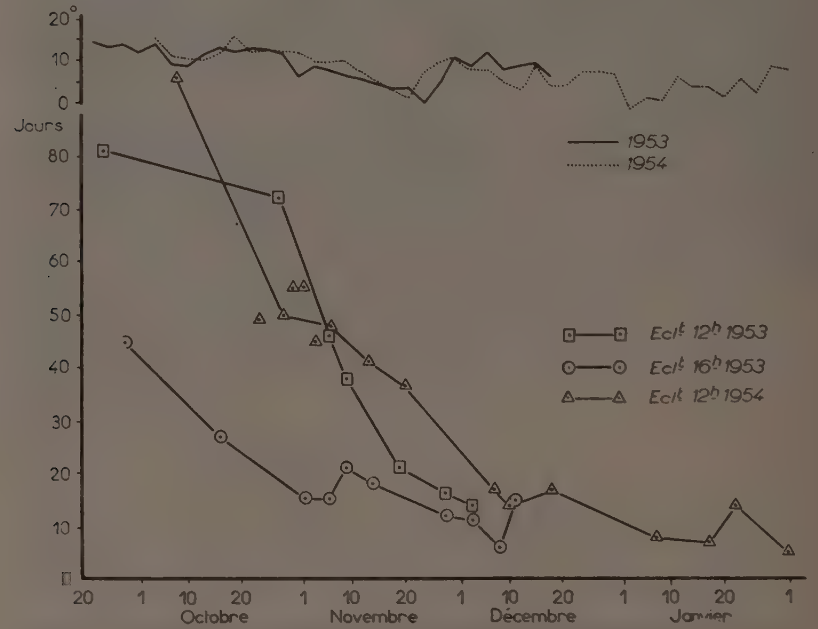


FIG. 34. — Délais de ponte à 18°, sous 12 ou 16 h d'éclairement, des adultes hivernants de *P. pyri*, en fonction de la date de la mue imaginale. 1953-1954.

Les courbes du graphique n° 34 présentent beaucoup de similitude avec celles de la figure 33, bien que les expériences soient différentes. L'essai dont les résultats sont reportés sur le graphique 33 concerne des Psylles devenus adultes entre le 5 et le 16 octobre et qui ont été laissés en plein air pendant un temps plus ou moins long avant d'être élevés à 17° sous 12 h ou 16 h d'éclairement. La figure 34 se rapporte à des Insectes dont la mue imaginale a eu lieu à des dates s'échelonnant du 24 septembre au 11 décembre 1954 et du 8 octobre 1954 au 9 février 1955.

Les conclusions suivantes semblent pouvoir être tirées de ces faits :

1° Quelle que soit la date à laquelle se produit la mue imaginale à l'automne, les femelles sont capables, dès la mi-décembre, de pondre dans un délai de 5 à 15 jours si elles sont placées à une température suffi-

samment élevée (17° dans les essais précités). C'est pour cette raison que la ponte est générale et très homogène dès la fin de l'hiver.

2° Nous avons vu que les conditions de milieu favorables à l'apparition des formes d'hiver étaient réalisées quand la durée du jour était inférieure à 13 h. Les formes obtenues dans ces essais ont été d'un type morphologique hivernal d'autant plus accusé qu'elles apparaissaient plus tardivement.

Il semblerait logique que la durée de la diapause soit sensiblement identique chez tous les Psylles quelle que soit la date de la mue imaginale ; cela ne s'est pas produit dans l'expérience précédente et les adultes qui sont apparus à partir du mois de décembre ne semblent pas avoir présenté de diapause puisqu'ils ont été capables de se reproduire dans des délais voisins de ceux qui ont été observés avec les formes estivales.

2. DÉTERMINATION DE LA « PÉRIODE CRITIQUE » DE LA DIAPAUSE

Les résultats de l'expérience VIII, donnés dans le tableau XI, ont montré que les formes d'hiver étaient morphologiquement déterminées au début du 5e âge larvaire. Nous avons vu que les larves élevées sous un éclairement de 16 h pendant le 5e âge seulement donnaient des adultes qui, soumis, eux aussi, à 16 h d'éclairement, pondaient dans des délais très brefs ; ils ne semblaient pas présenter de diapause bien qu'ils étaient du type morphologique hivernal. Nous nous sommes efforcés de déterminer la « période critique » (Bonnemaison 1948), c'est-à-dire la période au cours de laquelle se déclenchait la diapause. Trois essais ont été réalisés dans ce but.

Expérience n° IX. — Des larves provenant de pontes de Psylles du type estival (Série E) ou du type hivernal (Série H) ont été élevées sous un éclairement artificiel d'une durée journalière de 12 h jusqu'au début du 5e âge ; elles ont été ensuite divisées en 4 lots :

Le lot A a servi de témoin ; il est resté exposé à un éclairement de 12 h. Le lot B a reçu un éclairement de 12 h pendant la première moitié du 5e âge et de 16 h pendant la seconde moitié. Le lot C a été soumis à une photopériode de 16 h pendant la première moitié du 5e âge et de 12 h pendant la seconde moitié. Enfin, les larves du lot D ont été soumises à une photopériode de 16 h durant tout le 5e âge. Dans tous les cas, les adultes ont été maintenus dans les conditions d'élevage de la seconde moitié du 5e âge (12 h pour les lots A et C, 16 h pour les lots B et D).

Les résultats de cette expérience sont indiqués sur les tableaux XX et XXI. Le tableau XX donne les pourcentages de Psylles du type

morphologique hivernal, estival ou intermédiaire, cette dernière forme se rapprochant très fortement du type hivernal.

TABLEAU XX

Morphologie de Psylles dont les quatre premiers âges larvaires ont été soumis à une photopériode de 12 h et le 5e âge à diverses conditions d'éclairement.

Lots et conditions d'éclairement du 5e âge	Série H — Types			Série E — Types		
	hivernal	interm. (à tendance hivernale)	estival	hivernal	interm. (à tendance hivernale)	estival
A : entier : 12 h.	100			100		
B : 1re moitié : 12 h. - 2e : 16 h.	75	18	7	89	11	
C : 1re moitié : 16 h. - 2e : 12 h.	90	2,5	7,5	91	9	
D : entier : 16 h.		87	13	85	6	8

Les Psylles ont été élevés à 16° pendant 20 jours et ont été disséqués afin de déterminer la proportion de femelles présentant une diapause.

TABLEAU XXI

Etat de développement des ovaires des femelles le 20e jour.

Lots	Série H			Série E		
	pas de dévt.	début dévt.	œufs mûrs	pas de dévt.	début dévt.	œufs mûrs
A	96	4		100		
B		10	90			100
C	86		14	89	11	
D		25	75			100

Ces chiffres sembleraient montrer que, dans les conditions expérimentales mentionnées ci-dessus, la période sensible au déclenchement de la diapause se situe dans la seconde moitié du 5e âge larvaire. Les conditions d'élevage des adultes n'étant pas identiques pour tous les lots, nous avons été amenés à effectuer deux autres essais.

Expériences n° X et XI. — Elles ont été réalisées avec des larves au 5e âge prélevées à l'extérieur au début du mois d'octobre, aussitôt après la 4e mue. Dans l'expérience X, le 5e âge larvaire a été exposé à différentes conditions d'éclairement pendant la première moitié et les deux derniers quarts (tableau XXII).

Dans l'expérience XI, des larves au 5e âge ont été élevées sur des poiriers en pot, à 18° et sous 12 h d'éclairement. Quand les premiers adultes apparurent, les poiriers furent soumis à une photopériode de 16 h. Les adultes furent alors récoltés chaque jour dès la mue imaginale et

élevés sous 12 h d'éclairement en lots séparés ; ces différents lots étaient donc constitués par des Insectes qui avaient reçus un éclairement de 16 h pendant un nombre croissant de jours avant la mue imaginale.

Les délais de ponte après la mue imaginale de chacun des lots sont indiqués par les tableaux XXII et XXIII.

Tableau XXII

Délais de ponte des différents lots de l'expérience X

Nos des lots	Conditions d'éclairement du 5e âge			Délais de ponte-Adultes sous :	
	1re moitié	3e quart	4e quart	16 h d'éclairement	12 h d'éclairement
1	12 h	12 h	12 h	17 j	132 j
2	12	12	16	17	93
3	12	16	16	18	
4	12	16	12	14	114
5	16	12	16	19	
6	16	12	12	19	123
7	16	16	12	21	92
8	16	16	16	9	112

Tableau XXIII

Délais de ponte des différents lots de l'expérience XI

Nos des lots	Durée d'exposition à 16 h d'éclairement du 5e âge avant la mue imaginale	Délai de ponte sous 12 h d'éclairement
1	0 jour	135 jours
2	1	150
3	2	129
4	3	121
5	4	101
6	5	97
7	6	109
8	7	106
9	8	98

Les faits observés dans les expériences VIII (tableau XI) et IX sont confirmés : la ponte débute le 9e jour lorsqu'un éclairement de 16 h est appliqué à la totalité du 5e âge et à l'adulte. Quand la photopériode de 16 h est appliquée sur une partie du 5e âge et sur l'adulte, la ponte commence après un délai sensiblement double (14 à 21 j) et approximativement égal à celui qui est nécessaire lorsque le 5e âge en totalité est éclairé pendant 12 h. Quels que soient les lots, tous les adultes appartiennent au type morphologique hivernal ou en diffèrent très peu.

Le résultat le plus intéressant est le suivant : quelles que soient les conditions d'éclairement reçues par le 5e âge, la ponte ne commence qu'après un délai de 90 à 130 jours lorsque les adultes sont soumis dès la mue imaginale à une photopériode de 12 h.

De ces faits et des conclusions des autres expériences, il ressort que :

1° Le type morphologique de l'adulte est déterminé de façon à peu près totale au moment de la 4e mue.

2° La diapause est déclenchée par une courte photopériode ; la prédiapause se situe avant le 5e âge.

3° La période critique de la diapause s'étale à la fois sur le 5e âge larvaire et sur le stade imaginal.

4° La durée de la diapause est considérablement diminuée par l'exposition des adultes à une longue photopériode ; elle est encore plus réduite lorsque cette grande durée d'éclairement est également appliquée aux larves au 5e âge. Si l'adulte est placé dans des conditions défavorables à une évolution rapide de la diapause, les conditions d'éclairement (12 ou 16 h) appliquées au 5e âge larvaire ne jouent pas.

5° La période de post-diapause débute quand les ovocytes atteignent le stade « baguette jaune », elle n'est influencée que par la température.

3. ACTION DES AGENTS EXTERNES SUR LA DIAPAUSE

Nous prendrons comme test de la diapause, le temps écoulé entre la mue imaginale et la ponte.

Ce chapitre sera divisé en deux parties ; dans la première, nous étudierons l'action des agents externes (Eclairement et température) sur les adultes hivernants issus de larves élevées sous 12 h d'éclairement ou dont la mue imaginale a eu lieu au début du mois d'octobre. Dans la seconde partie, nous examinerons l'influence de diverses conditions de milieu favorables à l'obtention de formes hivernales appliquées aux larves.

Eclairement. — Le graphique n° 33 montre qu'un éclairement journalier de 16 h appliqué à des adultes hivernants diminue de moitié le temps nécessaire au déclenchement de la ponte, par rapport à celui qui est noté avec un éclairement de 12 h. Cette action se fait sentir pendant la période de vie des adultes qui précède l'arrivée des premiers ovules au stade de maturation « migration du mycétome » ; elle est ensuite nulle ou négligeable : les courbes du graphique n° 33 convergent vers un point dont l'abscisse correspond à la fin du mois de novembre. Par la suite, elles se confondent sensiblement en une droite qui fait avec l'horizontale un angle de 7°, alors que les courbes de déclenchement de la ponte font respectivement des angles de 26 et de 45°.

D'autres essais ont confirmé ces résultats : des Psylles élevés en plein air ont été rentrés en laboratoire aussitôt après la mue imaginale (fin septembre) et répartis en 4 lots élevés sous des éclairements de 12 et de 16 heures, à 16° et à 19°. A 16°, la ponte a commencé le 79e jour sous

12 h d'éclairement et le 43ᵉ jour sous 16 h ; à 19° elle a débuté respectivement le 58ᵉ et le 19ᵉ jour.

Des Psylles du type hivernal, obtenus expérimentalement sous une température de 14°3, ont été élevés sous différentes conditions d'éclairement et de température à partir du 15ᵉ jour après la mue imaginale. Le lot A laissé dans les conditions antérieures d'élevage (14°3 — 12 h de lumière) a pondu le 75ᵉ jour ; les lots B1 et B2 placés à 15°5 ont pondu le 15ᵉ jour après le début de l'expérience sous 16 h d'éclairement (B1) et

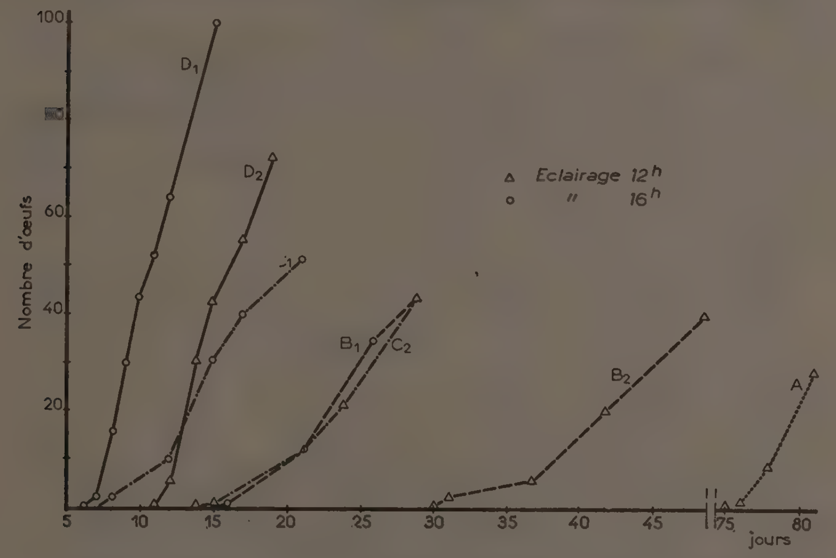


FIG. 35. — Action de l'éclairement et de la température sur la durée de la diapause.

le 30ᵉ à 12 heures (B2). Les lots C1 et C2 élevés à 18° ont pondu respectivement le 6ᵉ jour (C1 : 16 h d'éclairement) et le 14ᵉ jour (C2 : 12 h d'éclairement). Enfin les lots exposés à 22° ont pondu dès le 5ᵉ jour (D1 : 16 h d'éclairement) et le 11ᵉ (D2 : 12 h d'éclairement) (fig. 35).

L'action des photopériodes d'une durée journalière inférieure à 12 heures a été étudiée : des Psylles devenus adultes au début du mois d'octobre, ont été élevés sur des rameaux coupés de Poirier à 18°, sous les photopériodes suivantes : 16 h, 12 h, 8 h, 4 h et l'obscurité permanente. La ponte a débuté respectivement le 20ᵉ jour, le 120ᵉ jour, le 74ᵉ jour, le 74ᵉ jour et le 69ᵉ jour ; il semble donc que ce soit la photopériode de 8 à 12 h qui soit la plus défavorable au déclenchement de la ponte.

Température. — Nous avons vu au paragraphe précédent que, dans les limites de 14 à 22°, une augmentation de la température provoquait une diminution importante du temps nécessaire au déclenchement de la ponte.

Examinons maintenant l'effet des températures inférieures à 10°. Le temps nécessaire au déclenchement de la ponte ne paraît pas être affecté par le séjour des adultes à des températures basses appliquées pendant un temps limité et aussitôt après la mue imaginale ; il ne semble pas qu'il y ait un effet de choc capable de réduire la durée de la diapause ainsi que le démontrent les deux essais suivants.

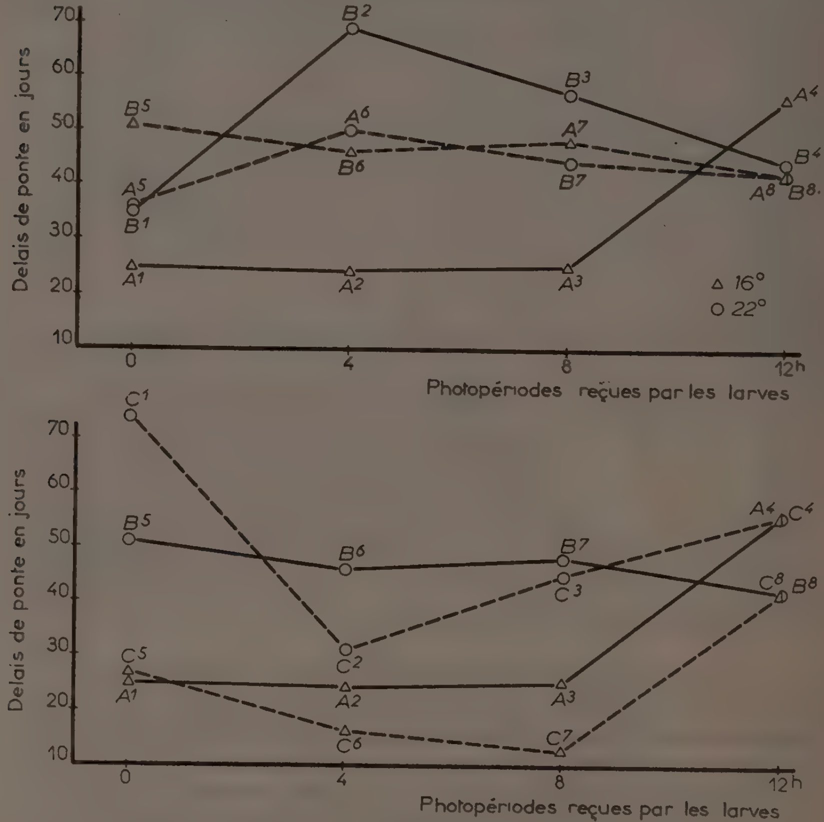


FIG. 36. — Délais de ponte des différents lots de l'expérience n° XII.

Des Psylles devenus adultes entre le 5 et le 16 octobre 1953 ont été soumis aux conditions suivantes à dater du 16 octobre : le lot A a été placé à 17° sous 16 h d'éclairement, le lot B a été soumis à 5° et à l'éclairement naturel et le lot C a été laissé à l'extérieur où la température moyenne a été de 10°. A partir du 29 octobre, les lots B et C ont été soumis aux mêmes conditions que le lot A ; la ponte s'est déclenchée le 27e jour pour le lot A et le 21e jour après le retour à 17° pour les lots B et C.

Deux groupes de Psylles, devenus adultes l'un le 8 octobre et l'autre

le 16 octobre, ont été divisés chacun en 4 lots qui ont été placés dans les conditions suivantes : 1.) + 2° pendant 8 jours, 2.) + 2° pendant 15 jours, 3.) — 2° pendant 8 jours, 4.) — 2° pendant 15 jours. Tous les lots ont été ensuite soumis à un éclairement de 12 h et à une température de 18°. Deux lots témoins avaient été placés directement sous ces conditions. Les temps qui se sont écoulés entre le transfert des différents lots à 12 h et 18° et le début de la ponte sont donnés par le tableau XXIV.

TABLEAU XXIV

Action des basses températures appliquées aux adultes, sur la durée de la période de maturation à 18°C, sous 12 h d'éclairement.

Nos des lots	Température d'exposition des adultes	Durée du séjour des adultes à basse température	Délais de pontes à 18°C, sous 12 h d'éclairement	
			Psylles du 8 octobre	Psylles du 16 octobre
1	+ 2°	8 jours	111 jours	78 jours
2	+ 2°	15 »	73 »	63 »
3	— 2°	8 »	97 »	78 »
4	— 2°	15 »	104 »	94 »
Témoin 1			112 »	
Témoin 2			105 »	

Les différences entre ces résultats ne sont pas probantes : il ne semble pas qu'un séjour de durée limitée à une basse température influe sur le temps de développement des gonades, lorsque les Insectes sont ensuite placés à une température plus élevée.

Les dissections effectuées sur des Psylles soumis aux conditions extérieures montrent qu'il y a un ralentissement et même un arrêt de développement des gonades, chaque fois que la température devient inférieure à 5° (voir le graphique n° 32). Cela est confirmé par l'examen des ovaires des femelles appartenant aux lots A, B et C de l'essai de 1953 relaté plus haut : le 29 octobre, les femelles du lot A étaient au stade « baguette jaune », celles du lot B étaient au stade « O » (les chambres germinatives du sommet des ovaires étaient encore translucides) et celles du lot C étaient au début du stade « baguette blanche » : le plus gros ovocyte mesurait 22 μ et toutes les chambres germinatives étaient blanches. A 10°, la croissance des ovaires est donc fortement ralentie et la température de 5° semble très proche de la température-seuil de développement.

Cependant l'action prolongée du froid à l'extérieur n'empêche pas l'évolution de la diapause et semble même la favoriser : en effet une population de Psylles hivernants gardée au laboratoire à 18° et sous l'éclairement naturel, présente, cinq mois après la mue imaginale, de grosses différences individuelles de développement des gonades :

14 p. 100 des femelles sont au stade « baguette jaune ».

42 p. 100 au stade « migration du mycétome ».

25 p. 100 au stade « 1er œuf mûr ».

19 p. 100 sont en cours de ponte.

Au contraire les Psylles laissés à l'extérieur sont tous au stade « 1er œuf mûr » au bout de 4 mois, au début du mois de février dans la région parisienne. Nous avons vu (tableau XVIII) que les lots expérimentaux de Psylles étaient d'autant plus homogènes qu'ils avaient séjourné plus longtemps à l'extérieur. De plus, les fluctuations de température des mois d'octobre et de novembre n'ont pas affecté le cours de l'évolution physiologique des Psylles (fig. 33) ; celle-ci semble se dérouler indépendamment de la température alors que le développement apparent des gonades paraît être lié à celle-ci (fig. 32). De ces derniers faits, il semble que le ralentissement du développement apparent des gonades par le froid se compense par une accélération quand les conditions redeviennent favorables. Les essais de laboratoire décrits plus haut n'ont pas été continués assez longtemps pour que l'action accélératrice du froid apparaisse.

L'état physiologique de la plante-hôte ne paraît pas avoir d'effet sur le déroulement de la diapause imaginale : une dizaine de lots d'adultes ont été placés par moitié sur des rameaux coupés, renouvelés tous les 8 jours et sur de petits poiriers forcés en serre. Il n'est apparu aucune différence probante en fonction du support ; il semble que la ponte soit plus importante sur un arbre en cours de développement mais elle ne débute pas plus tôt.

4. INFLUENCE DE DIVERSES CONDITIONS DE MILIEU FAVORABLES A L'OBTENTION DE FORMES HIVERNALES, APPLIQUÉES AUX LARVES

Expérience n° XII. — Des larves issues de formes d'été [1] obtenues expérimentalement ont été élevées sur de petits poiriers en pot pendant les mois d'avril et de mai à une température de 16° et à l'obscurité (lot n° 1) ou sous les photopériodes de 4 h (lot n° 2), de 8 h (lot n° 3) et de 12 h (lot n° 4) ; des élevages comparables ont été réalisés à 22° (lots n° 5, 6, 7, et 8).

Aussitôt après la mue imaginale, les Insectes de chacun des lots ont été répartis en 3 groupes : le 1er (série A) restait soumis aux conditions d'élevage appliquées aux larves, le 2e groupe (série B) était laissé à la même photopériode, mais était élevé à la température de 22° pour les lots n° 1, 2, 3 et 4 et de 16° pour les lots n° 5, 6, 7 et 8. Le 3e groupe

[1] Les mêmes essais avaient été effectués avec des larves descendantes de formes hivernales mais les résultats n'ont pas été retenus en raison de la difficulté qu'offrait la distinction des formes hivernales et intermédiaires.

(série C) était soumis, pour tous les lots, à une photopériode de 12 h et à une température de 16°. Le tableau XXV indique les délais nécessaires au déclenchement de la ponte ; ces chiffres ont été reportés sur le graphique n° 36.

A 16°, c'est la photopériode de 12 h qui donne la durée maximum de diapause (lot A4), mais si les adultes des lots 1, 2, 3 et 4 sont soumis à une température de 22°, les durées de diapause des lots B1, B2 et B3

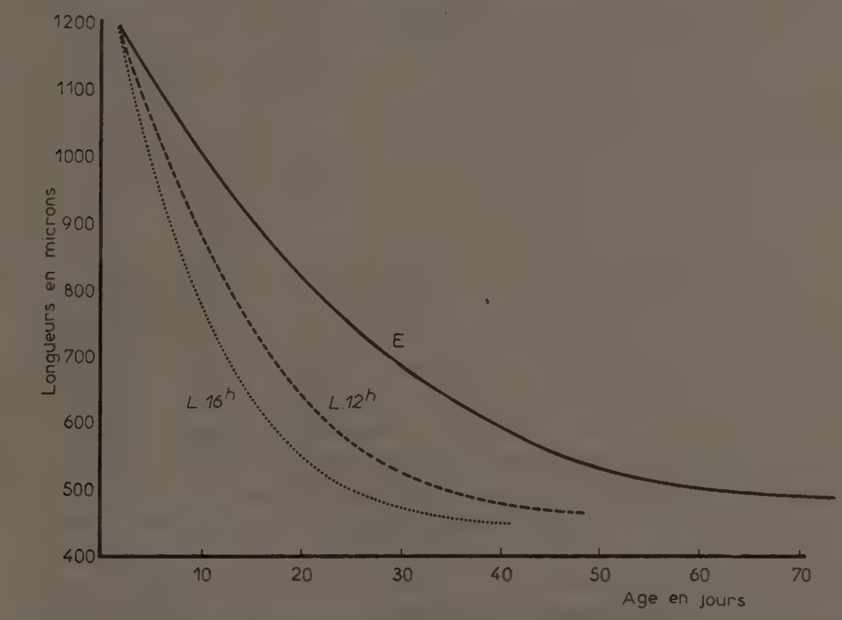


Fig. 37. — Longueur moyenne des testicules de Psylles élevés au cours de l'automne 1953 à l'extérieur (E) ou au laboratoire à une température de 17 ± 1° sous 12 (L. 12 h) et 16 h (L. 16 h) d'éclairement.

sont beaucoup plus fortes que celles des lots A1, A2, A3 correspondants (fig. 36). La durée de la diapause est diminuée seulement dans le lot B4 ; ce résultat a déjà été signalé dans le chapitre précédent. Tout se passe comme si, à 16°, la photopériode de 12 h était le facteur le plus défavorable à l'évolution de la diapause et dominait même l'action de la température.

A 22° (lots A5, A6, A7 et A8), les diverses photopériodes ne donnent pas des résultats très différents et l'exposition des adultes à 16° (lots B5, B6, B7 et B8) ne modifie pas notablement ces chiffres (fig. 36).

La comparaison des lots A1, A2, A3, A4, et A5, A6, A7, A8, montre que les diapauses sont beaucoup plus longues à 22° qu'à 16°, à l'exception du lot A4 soumis à une photopériode de 12 h et à une température de 16°.

TABLEAU XXV

Temps nécessaire au déclenchement de la ponte chez les adultes de l'exp. n° XII.

N°	Conditions d'élevage des larves		Conditions d'élevage des adultes			
	Température	Éclairement	Série A (mêmes conditions d'élevage que les larves)	Série B Même photopériode que les larves — Température	Série B Même photopériode que les larves	Série C 16° — 12 h d'éclairement
1	16°	0 h	25	22°	35 j	74 j
2	«	4 h	24	«	69	31
3	«	8 h	25	«	57	45
4	«	12 h	56	«	44	56
5	22°	0 h	36	16°	51	27
6	«	4 h	50	«	46	16
7	«	8 h	44	«	48	13
8	«	12 h	42	«	42	42

Les résultats de la série C varient en fonction de la température : les lots C1, C2 et C3 ont eu une diapause plus longue que celle des lots A1, A2 et A3 : à 16°, la photopériode de 12 h semble donc être la plus défavorable à l'évolution de la diapause (fig. 36), mais les lots C5, C6, C7 ont une diapause beaucoup plus brève que les lots B5, B6 et B7.

Expérience n° XIII. — Compte tenu des résultats fournis par l'expérience X sur la détermination de la période critique de la diapause, nous avons soumis à différentes conditions d'éclairement et de température des larves prélevées à l'extérieur au début du mois d'octobre, immédiatement après la 4[e] mue. Les adultes étaient soumis dès la mue imaginale à une photopériode de 12 h et à une température de 18°.

Dans une première série, des larves au 5[e] âge ont été élevées à 16° et sous des photopériodes de 16, 12, 8, 4 h et à l'obscurité. La ponte a commencé dans les conditions suivantes :

Lot 1 — photopériode de 16 h : 105 jours.
Lot 2 — photopériode de 12 h : 94 jours.
Lot 3 — photopériode de 8 h : 42 jours.
Lot 4 — photopériode de 4 h : 49 jours.
Lot 5 — obscurité permanente : 102 jours.

Ces résultats sont comparables à ceux des lots C1, C2, C3 et C4 de l'expérience XII. Ils confirment, à 16°, l'action d'une photopériode de 12 h défavorable à l'évolution rapide de la diapause et semblent montrer que c'est sur le 5[e] âge que l'effet est le plus accusé. En effet, le 8 octobre, date du début de l'expérience, les larves recevaient en plein air un éclairement d'une durée de 11,20 h ; l'exposition du 5[e] âge seul à des photopériodes de 8 h et de 4 h a réduit de moitié la durée de la diapause.

Dans une seconde série, des larves au 5e âge ont été soumises à des températures comprises entre 4 et 12° jusqu'à la mue imaginale, et à l'éclairement naturel. Deux récoltes de larves avaient été effectuées pour certains lots : l'une le 5 octobre, l'autre le 15 octobre. Les adultes ont pondu dans les délais suivants :

TABLEAU XXVI

Influence de la température d'élevage des larves sur la durée de la diapause imaginale.

N°	Date de la 4e Mue	Temp. d'élevage des L_5	Durée du séjour des L_5 à T°	Photopériode naturelle reçue par les L_5	Délai de ponte des adultes (16° — 12 h)
1	5 oct.	4°	36 j	11 h 20 — 9 h	48 j
2	5 oct.	6°	25	11 h 20 — 10 h	45
2 bis	»	6°	25	id	63
3	5 oct.	9°	15	11 h 20 — 10 h 20	102
3 bis	15 oct.	9°	19	10 h 40 — 9 h 30	79
4	5 oct.	12°	12	11 h 20 — 10 h 30	86
4 bis	15 oct.	12°	14	10 h 40 — 9 h 40	80

Malgré le raccourcissement de la photopériode, il semble bien que l'élevage des larves au 5e âge sous de basses températures abrège la durée de la diapause des adultes.

Les conclusions de cette étude sur la diapause sont les suivantes :

1° La diapause de *P. pyri* est déterminée au moment où la 4e mue a lieu, et elle s'étale à la fois sur le 5e âge larvaire et l'état adulte, jusqu'à la migration des symbiontes dans les premiers ovocytes.

2° Chez les adultes en diapause, celle-ci est écourtée par les photopériodes de 16 h et, à un moindre degré, par celles de 8 et de 4 h ; la photopériode de 12 h est celle qui assure la plus longue diapause. Sauf sous 12 h d'éclairement, les températures élevées augmentent la durée de la diapause ; les basses températures la diminuent, à la condition qu'elles soient appliquées pendant un temps suffisant ; l'alimentation (arbres en pot ou rameaux coupés) n'a pas d'action.

3° Les facteurs externes qui, appliqués aux larves au 5e âge modifient la durée de la diapause imaginale, sont les mêmes que ceux qui interviennent sur les adultes ; les photopériodes de 4 et de 8 h la raccourcissent ; il en est de même des basses températures. Par contre, les photopériodes de 16 h appliquées au 5e âge semblent avoir un effet opposé ou nul par rapport à celui qu'elles exercent sur l'adulte. Il semble qu'il y ait un effet cumulatif entre le 5e âge et l'imago : quand un même facteur est appliqué à la fois sur le 5e âge et l'imago, son action sur la diapause imaginale est relativement beaucoup plus marquée que s'il intervient uniquement sur l'imago ou le 5e âge.

5. DÉROULEMENT DE LA DIAPAUSE DANS LES CONDITIONS NATURELLES

On peut se demander si ces conclusions s'appliquent aux Psylles élevés sous les conditions naturelles. Nous avons signalé p. 510 que les femelles récoltées en plein air vers la mi-décembre étaient capables de pondre dans un délai très bref quelle que fût la date de la mue imaginale, ce qui permettait de supposer qu'il n'y avait pas de diapause chez les Insectes maintenus en plein air et dont la mue imaginale avait lieu en décembre.

Ces faits s'expliquent parfaitement à la suite des résultats des expériences précédentes : la diapause s'établit au début du 5e âge larvaire et évolue pendant ce 5e âge sous l'influence des mêmes facteurs qui agissent sur l'adulte ; la diapause imaginale sera, par conséquent, d'autant plus courte que la durée du 5e âge aura été plus longue en raison des basses températures automnales et hivernales (voir tableau XIX). En outre, les photopériodes courtes (4 et 8 h) appliquées à cet âge (Exp. XII et XIII) diminuent la durée de la diapause imaginale, notamment lorsqu'ils restent soumis à ces courtes photopériodes après la mue imaginale. Or, la longueur du jour est de 12 h le 21 septembre, de 11 h le 10 octobre, de 10 h le 28 octobre, de 9 h le 15 novembre. Par conséquent, les premiers Psylles hivernants qui apparaissent en septembre ou au début d'octobre ont subi et restent sous des conditions très favorables à une longue diapause : durée du jour de 11- 12 h et température assez douce (temp. moy. de septembre : 15,4°, d'octobre : 10,8°). Le 5e

TABLEAU XXVII

Etat de développement, au début du mois de décembre, des gonades des femelles apparues entre le 1er octobre 1953 et le 30 novembre (Elevages à 17°, sous 12 ou 16 heures d'éclairement).

Éclairement de 12 heures							Éclairement de 16 heures							
Age	Stades de développement					Note (1)	Age	Stades de développement						Note (1)
	O	B.b.	B.j.	M.m.	1er O.			O	B.b.	B.j.	M.m.	1er O.	M.g.	
58 j	0	4	1	0	0	1,2	54 j	3	0	2	2	1	0	1,75
32	0	1	3	2	0	2,15	29	0	0	1	5	1	0	3
22	0	1	6	0	0	1,85	24	0	0	1	3	2	1	3,4
19	0	1	5	3	0	2,22	21	0	0	0	4	2	0	3,3
14	0	2	6	0	0	2	14	0	0	5	0	2	0	2,5
9	1	0	6	2	0	2	5	0	4	2	2	0	0	1,7
7	0	2	1	1	0	1,75								

(1) Le système de notation employé a été décrit p. 504

âge larvaire est soumis à des conditions climatiques d'autant plus favorables à une diminution de la durée de la diapause que la mue imaginale a lieu plus tardivement ; au terme ultime, la diapause imaginale n'existe pratiquement plus par suite de l'action combinée de divers facteurs favorables à une réduction de la diapause envisagée dans son ensemble (froid permettant le déroulement de la diapause durant le 5e âge larvaire et photopériode courte qui diminue sa durée).

Croissance des gonades. — Des Psylles ont été prélevés dans les différents lots constitués au cours de l'automne 1953 et disséqués entre le 28 novembre et le 5 décembre (tableau XXVII). Sous 12 h d'éclairement, bien que les âges des femelles des divers lots fussent très différents, l'état moyen de développement des ovaires était sensiblement le même dans tous les lots : sous 16 h d'éclairement, les résultats étaient plus irréguliers en raison de la rapidité de croissance des ovaires.

L'accélération de la vitesse de maturation des ovaires est sensible dès les premiers jours de la vie imaginale ; le nombre des chambres germinatives blanches augmente beaucoup plus rapidement chez les Psylles qui apparaissent tardivement à l'automne que chez les Insectes précoces.

Tous les lots ont été disséqués entre le 9 et le 11 janvier ; on voit (tableau XXVIII) que les lots élevés à 12 h sont relativement homogènes. Il est à remarquer que ce sont les lots les plus âgés qui ont la constitution la plus hétérogène et que ce sont les femelles qui sont apparues le plus tard à l'automne qui se sont développées le plus rapidement.

TABLEAU XXVIII

Etat de développement, à la date du 10 janvier 1954, des gonades des femelles apparues entre le 1er octobre 1953 et le 15 décembre.

Eclairement de 12 heures							Eclairement de 16 heures					
Age	Stades de développement					Note (1)	Age	Stades de développement				Note (1)
	B. b.	B. j.	M. m.	1er O.	M. g.			B. j.	M. m.	1er O.	M. g.	
109 j	1	2	5	0	4	3,3	62 j	0	1	1	0	3,5
72		1	2	1	0	3,5	59	4	3	1	2	3,1
64		3	3	2	1	3,1	54		2	1	6	4,4
63		1	6	1	3	3,4	40		1	1	8	4,7
58		2	5	2	0	3	35			1	14	5
53			1	1	0	3,5	30			0	4	5
43			5	2	6	4	27			1	3	4,75
45			1	4	7	4,5						

(1) Le système de notation employé a été décrit page 504.

Ces dissections, qui donnent une idée de l'état moyen des populations de Psylles, confirment les résultats fournis par la notation des pre-

mières pontes (tableau XIX) ; celles-ci ne renseignaient ques ur un état extrême : l'arrivée à maturité de la femelle la plus avancée.

Les dissections des mâles effectuées aussitôt après la mue imaginale n'ont pas fait apparaître de différences sensibles entre les Psylles devenus adultes du 15 septembre au 15 décembre. D'après les dissections faites entre le 28 novembre et le 5 décembre, il ne semble pas qu'il y ait de relation entre la rapidité de régression de la longueur des testicules et la date à laquelle la mue imaginale a eu lieu ; la diminution de la taille des gonades semble fonction de l'âge des mâles et, dans une certaine mesure, de la température et des conditions d'éclairement (fig. 37).

V. — RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Le Psylle du Poirier (*Psylla pyri* L.) hiverne à l'état adulte et présente 4 à 5 générations annuelles dans la région parisienne. Les Psylles hivernants adultes apparaissent à partir du début du mois de septembre ; ils diffèrent des Psylles qui se développent pendant la belle saison par certains caractères morphologiques ; ils sont un peu plus grands que les Psylles d'été et la coloration générale du corps est plus foncée ; les ailes sont plus longues, les nervures plus foncées et les cellules présentent des zones sombres. D'autre part, alors que les Psylles d'été commencent à pondre à partir du 4e jour qui suit la mue imaginale, les Psylles hivernants présentent une diapause imaginale et ne commencent à pondre en plein air qu'à la fin du mois de janvier.

Nous avons été amenés à étudier les organes génitaux mâles et femelles des formes estivales et hivernales afin d'être en mesure de suivre d'une façon plus précise les modalités de la diapause et le rôle des divers facteurs expérimentaux que nous avons fait intervenir ; nous avons décrit en détail quelques parties constitutives de ces organes qui avaient été insuffisamment étudiées.

Les caractères morphologiques particuliers des Psylles hivernants et la diapause sont déterminés par la durée de l'éclairement ; dans les conditions naturelles, ces deux groupes de phénomènes vont de pair, mais certaines conditions expérimentales permettent de modifier considérablement le phénomène de la diapause de sorte qu'il a pu être obtenu différents types d'adultes :

— des formes hivernales typiques,

— des formes hivernales à diapause imaginale fortement écourtée,

— des formes intermédiaires entre les formes estivales et hivernales, ne présentant pas de diapause.

— des formes estivales typiques.

Déterminisme des différentes formes morphologiques. — Les caractères

morphologiques particuliers des Psylles hivernants sont déterminés par la durée de l'éclairement. La durée-seuil d'éclairement naturel est de 13,30 h (la plupart des expériences ont été réalisées sous des photopériodes journalières de 12 et de 16 h en lumière artificielle, naturelle ou mixte).

A la température de 16°, les pourcentages de formes hivernales relevés dans la descendance des Psylles du type hivernal ont été de 50 p. 100 à l'obscurité permanente, de 78 p. 100 sous une photopériode de 4 h, de 97 p. 100 à 8 h et de 82 p. 100 à 12 h ; dans la descendance des formes estivales, ces proportions ont été respectivement de 96 p. 100, 100 p. 100, 100 p. 100 et 93 p. 100. Il suffit d'une très faible intensité lumineuse pour provoquer ces phénomènes.

L'état physiologique de la plante-hôte n'a qu'un effet limité.

La proportion des formes intermédiaires est plus élevée dans la descendance des Psylles du type hivernal que dans celle du type estival.

La sensibilité des différents âges larvaires à la lumière a été déterminée en soumettant un ou plusieurs âges à des photopériodes de 12 ou de 16 h. La nature des géniteurs (type hivernal ou estival) intervient ; d'une façon générale, les géniteurs d'un type produisent une plus forte proportion de descendants appartenant à l'autre type. Ce sont le 3e et surtout le 4e âges larvaires qui sont les plus sensibles à l'action d'une courte photopériode pour les descendants de Psylles du type hivernal ; les conditions d'élevage des deux premiers âges larvaires ne modifient en rien la morphologie des adultes.

Pour les descendants de Psylles du type estival, les 1er et 2e âges présentent une sensibilité importante à une courte photopériode.

On ne peut obtenir près de 100 p. 100 de formes estivales qu'en faisant intervenir une photopériode de 16 h sur le 5e et le 4e âges larvaires pour les descendants de formes hivernales, sur le 5e et trois autres âges ou encore sur les quatre premiers âges pour les descendants de formes estivales. On peut en déduire que le déterminisme du type morphologique se produit plus tôt chez les descendants de Psylles estivants que chez ceux de Psylles hivernants.

Il a été possible d'obtenir des générations successives de formes estivales ou de formes hivernales en faisant intervenir uniquement la photopériode. *Psylla pyri* ne présente donc pas un cycle biologique dans lequel une génération hivernale doit obligatoirement succéder à un certain nombre de générations estivales.

Déterminisme de la diapause. — Ce sont les mêmes facteurs qui déterminent le type morphologique hivernal et l'état de prédiapause ; les Psylles présentant une diapause sont obligatoirement du type morphologique hivernal, mais les formes hivernales ne sont pas obligatoirement, dans certaines conditions expérimentales, affectées de la diapause.

L'état de prédiapause est déterminé au moment de la 4e mue et la diapause proprement dite s'étend sur le 5e âge larvaire et l'imago ; elle ne cesse qu'à un stade avancé du développement des ovaires des femelles (pénétration du mycétome dans les ovules les plus âgés).

La durée de la diapause est influencée par les photopériodes appliquées aux larves du 5e âge ; elle est beaucoup plus faible pour les photopériodes de 4, 8 et 16 h que pour celle de 12 h ; elle est également abaissée par un séjour à des températures inférieures à 10°.

Chez l'adulte, la diapause est abrégée par une photopériode de 16 h ; celle de 12 h est la plus défavorable au déclenchement de la ponte.

En soumettant des larves en état de prédiapause à des conditions favorables à une diminution de la diapause (photopériode de 16 h et température moyenne de 18°) pendant tout le 5e âge larvaire et le stade adulte, la ponte commence le 9e jour après la mue imaginale et le 17e après la 4e mue. Des larves du type estival élevées dans les mêmes conditions commencent à pondre en moyenne le 6e jour après la mue imaginale et le 14e jour après la 4e mue. La diapause est donc pratiquement éliminée si la période critique est soumise aux conditions particulières énoncées ci-dessus.

Dans les conditions naturelles, les Psylles hivernants les plus précoces présentent une diapause de longue durée qui se termine dans les premiers jours de décembre ; à partir de ce moment la ponte peut commencer dans des délais très courts sous l'action d'une simple augmentation de la température. Au fur et à mesure que l'automne s'écoule, l'effet combiné du raccourcissement de la photopériode et du froid sur les larves au 5e âge provoque une accélération de l'évolution de la diapause : les adultes dont la mue imaginale n'a lieu qu'au cours du mois de décembre ou de janvier sont capables de pondre au bout de quelques jours seulement. Ces faits expliquent l'homogénéité de développement des gonades des adultes capturés dans les vergers au cours de l'hiver.

Reçu pour publication le 9 mai 1955.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANDREWARTHA (H. G.). — Diapause in relation to the ecology of Insects. *Biol. Rev.*, **27**, 50, 1952.

BARKER (J. S.) and TAUBER (O. E.). — Fecondity of the Pea Aphid on Garden Pea under various combination of light, moisture and nutrients. *J. Ec. Ent.*, **47**, 113-116, 1954.

BONDARENKO (N. V.). — Influence des jours courts sur le cycle annuel de développement de l'Araignée rouge commune. *Dokl. Akad. Nauk. SSSR (N. S.)* (en russe), **70**, 1077, 1950.

BONNEMAISON (L.). — Arrêts de développement et diapauses. *Ann. Inst. Nat. Rech. Agro. Série Epiphyties*, XI, 19-56, 1945.

BONNEMAISON (L.). — Remarques sur la diapause chez un Hemiptère : *Eurydema ornatum* L. *C. R. Ac. Sc.*, **227**, 985-987, 1948.

BONNEMAISON (L.). — Détermination du stade auquel se produit le déclenchement de la diapause chez un Hémiptère : *Eurydema ornatum* L., *C. R. Ac. Sc.*, **227**, 1052-54, 1948.

BONNEMAISON (L.). — Contribution à l'étude des facteurs provoquant l'apparition des formes ailées et sexuées chez les Aphidinae. *Ann. Inst. Nat. Rech. Agro., Série Epiphyties*, 1-380, 1951.

BONNEMAISON (L.). — Morphologie et Biologie de la Punaise ornée du chou (*Eurydema ventralis* KOL). *Ann. Inst. Nat. Rech. Agro. Série Epiphyties*, 127-273, 1952.

BONNEMAISON (L.) et MISSONNIER (J.). — Biologie et méthodes de lutte contre le Psylle du Poirier (*Psylla pyri* L.). *Trans. Ninth. Int. Cong. Ent.* Amsterdam. Vol. 1, 585-587, 1952.

BONNEMAISON (L.) et MISSONNIER (J.). — Influence du photopériodisme sur le déterminisme des formes estivales ou hivernales et de la diapause chez *Psylla pyri* L. (Homoptères). *C. R. Ac. Sc.*, **240**, 1277-1279, 1955.

BONNEMAISON (L.) et MISSONNIER (J.). — Morphologie et Biologie du Psylle du Poirier (*Psylla pyri* L. méthodes de lutte). *Ann. Inst. Nat. Rech. Agro. Série Epiphyties*, à paraître, 1956.

DANILEWSKY (A. S.). — Réactions photopériodiques des Insectes aux conditions d'éclairement artificiel. *Dokl. Akad. Nauk. SSSR* (N. S.) (en russe), **60**, 481-484, 1948.

DANILEWSKY (A. S.) et GLINYANAYA (Y. I.). — Influence du rythme de l'éclairement et de la température sur le déterminisme de la diapause chez les Insectes (en russe). *Dokl. Akad. Nauk. SSSR* (N. S.), **71**, 963-966, 1950.

DICKSON (R. C.). — Factors governing the induction of diapause in the oriental fruit moth. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, **42**, 511, 1949.

DIERICK (G. F. E. M.). — Breaking of diapause in the winter egg of the European Red spider. *Nature*, London, **165**, 900, 1950.

FUKUDA (S.). — Factors determining the production of non-diapause eggs in the Silkworm. *Proc. Imp. Acad. Japon*, **27**, 582, 1951..

GEISPITZ (K. F.). — La lumière, agent de régulation du cycle de développement du Sphinx du Pin *Dendrolimus pini* L. (en russe). *Dokl. Akad. Nauk. SSSR. (N. S.)*, **68**, 781-784, 1949.

HUECK (H. J.). — Influence of light upon the hatching of winter eggs of the Fruit Tree Red Spider. *Nature*, **167**, 993-994, 1951.

KOGURE (M.). — The influence of light and temperature on certain characters of the Silkworm, *Bombyx mori*. *J. Dep. Agric. Kijushu Univ.*, **4**, 1933.

LEES (A. D.). — The physiology of diapause. *Sci. Prog. London*, **150**, 335-341, 1950.

LEES (A. D.). — The significance of the light and dark phases in the photoperiodic control of diapause in *Metatetranychus ulmi* KOCH. *Ann. app. Biol.*, **40**, 487-497, 1953.

MARCOVITCH (S.). — The migration of the *Aphididae* and the appearance of sexual forms as affected by the relative length of daily light exposure. *J. Agric. Res.*, **27**, 513-522, 1924.

MILLER (L. W.). — Factors influencing diapause in the European Red Mite. *Nature*, **166**, 875, 1950.

MULLER (H. J.). — Der Saisondimorphismus bei Zikaden der Gattung *Euscellis* Brullé. *Beiträge zur Ent.*, **4**, 1-55, 1954.

PARKER (M. W.), HENDRICKS (S. B.), BORTWICK (H. A.) and JENNER (C. E.). — Photoperiodic responses of plants and animals. *Nature*, **169**, 242, 1952.

ROUBAUD (E.). — L'hétérodynamie et le rôle de l'athermobiose dans le cycle évolutif de *Phlebotomus papatasii*. *Bul. Soc. Path. exot.*, **21**, 107, 1928.

ROUBAUD (E.). — Vie latente et condition hibernale provoquées par les influences matérielles chez certains invertébrés. *Ann. Sc. Nat. Paris*, **38**, 51, 1935.

SCHAEFER (H. A.). — Biologische und ökologische Beobachtungen an Psylliden (*Hemiptera*). *Verh. Naturf. Ges. Basel*, **60**, 25-41, 1949.

SHULL (A.). — Duration of light and the wings of Aphids. *Anat. Rec.*, **37**, 136, 1927.

SÜFFERT (F.). — Bestimmungsfaktoren des Zeichnungsmuster beim Saison-Dimorphismus von *Araschnia levana-prorsa*. *Biol. Zbl.* **44**, 173, 1924.

WAY (M. J.) and HOPKINS (B. A.). — The influence of photoperiod and temperature on the induction of diapause in *Diataraxia oleracea* L. *J. Exp. Biol.*, **27**, 365, 1950.

WIGGLESWORTH (V. B.). — The principles of insect physiology. *Methuen's monographs*. London., 544 p., 1950.

WILLE (H. P.). — Untersuchungen über *Psylla pyri* L. und andere Birnblattsaugerarten im Wallis. *Diss. Zurich*, 113 p., 1950.

WILLIAMS (C. M.). — Physiology of Insect diapause : the role of the brain in the production and determination of pupal dormancy in the giant silkworm *Platysamia cecropia*. *Biol. Bull.*, **90**, 234, 1946.

DÉVELOPPEMENT DES LARVES DU HANNETON *Melolontha melolontha* L. (Coleopt. *Scarabeidae*) A DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES CONSTANTES

PAR

B. HURPIN

Station de Zoologie Agricole, Rouen

PLAN DU MÉMOIRE

INTRODUCTION

Parmi les divers facteurs climatiques constituant le milieu dans lequel vivent les insectes, la température joue un rôle prépondérant. Elle conditionne en particulier la vitesse de croissance, la durée du cycle évolutif et l'importance de la mortalité et, par suite, elle intervient pour une large part dans l'étendue des dégâts causés par les espèces nuisibles.

La relation entre la croissance et la température ambiante a fait l'objet de nombreuses études que Bonnemaison a analysées (2) à l'occasion de ses recherches sur un Hémiptère : *Eurydema ornatum* L. Depuis, l'action des températures constantes ou alternées sur des animaux en élevages a été examinée par différents chercheurs sur des insectes variés : de Wilde (9), Grison et Roehrich (3), le Berre (5), etc.

Pour les larves souterraines, le seul travail complet sur ce sujet est celui de Ludwig en 1928 (6), consacré à *Popillia japonica* Newn (Coléopt. *Rutelidae*). Dans ce mémoire, l'auteur détermine les effets de treize températures constantes et de quatre types de températures alternées sur la vitesse de croissance des différents stades à partir de l'œuf.

En ce qui concerne les laves de *Melolontha melolontha* il n'y a pas

eu, jusqu'à présent, d'études systématiques de l'influence de la température sur leur développement. THIEM en 1949 (7) a montré, en plaçant quelques larves dans des pots à fleurs à 15°, 20° et 25° environ, que les mues se produisent plus vite à 25° qu'à 15° mais, d'une part, seuls les deux premiers stades sont envisagés et, d'autre part, l'âge du ver blanc au moment de sa mise en élevage n'est pas précisé.

L'étude de WILLE et WILDBOTZ (1953) (10) se rapporte surtout à *M. hippocastani* et l'analyse de leurs élevages de *M. melolontha* conduits en boîtes métalliques à 12°, 18°, 23°5 et 32°C ne mentionne que les mortalités enregistrées. Quant à VOGEL et ILLIC (1954) (8), ils ont limité leurs recherches aux prénymphes et aux nymphes.

RÉALISATION DES ESSAIS

Nos expériences destinées à évaluer la sensibilité des vers blancs à différentes températures, ont débuté en automne 1952 en polythermostat. Elles se poursuivent actuellement, mais les principaux résultats obtenus peuvent être signalés dès maintenant.

Ces élevages ont été effectués avec des larves à l'éclosion, pesant en moyenne 25 mg, et aussi avec des vers blancs ayant subi leur première mue depuis moins de deux jours et pesant de 150 à 200 mg, en les plaçant à diverses températures : 7°, 11°, 15°, 20°, 25°, 30° et 34°, maintenues constantes à 1°C près.

Les vers blancs, pesés une fois par mois, étaient mis isolément dans de petites boîtes en aluminium renfermant environ 70 cm³ de terre stérilisée à 180°C pendant 20 minutes. La nourriture était assurée par une rondelle de carotte et une touffe de racines de graminée et les consommations étaient notées toutes les semaines, d'après un barème empirique allant de 0 pour le jeune à quatre pour l'ingestion complète de la ration.

RÉSULTATS OBTENUS

Les données concernant les larves du premier stade sont résumées dans le *tableau I* et celles qui se rapportent aux deuxième et troisième stades, dans le *tableau II*. Ces tableaux montrent que :

— Les vers blancs du premier stade ne se développent normalement qu'aux environs de 20° et ne muent que si la température est supérieure à 15°.

— La deuxième mue ne se produit qu'à partir de 11° et la nymphose à partir de 15°.

— La croissance la plus rapide a lieu à 25°C, mais on note une plus forte mortalité, et l'optimum de développement, au sens de BLUNK (1), c'est-à-dire considéré comme étant la température pour

laquelle le plus grand nombre d'insectes est capable de présenter le développement complet normal, se situe à 20°C.

A 15°, pour une longévité des larves beaucoup plus importante, il y a sensiblement le même pourcentage de pertes qu'à 25°C.

A 11°, comme à 30°, la croissance du ver blanc ne s'effectue plus, mais les longévités sont naturellement très différentes.

Ces essais prouvent que 20° représente la température convenant le mieux aux vers blancs des trois stades et que les limites sont approximativement de 15° et 25° pour le premier âge, 10° et 30° pour les deux autres. Comme nous l'avons déjà souligné antérieurement (4) pour toutes les températures supérieures au seuil, il n'y a aucun arrêt de développement et le ver blanc ne présente pas de diapause.

TABLEAU I

Elevages des larves du premier stade à diverses températures constantes.

Températures	Nombre de larves	Nombre de mues	Longévité totale (en semaines)		
			Min.	Max.	Moy.
7°	136	0	1	19	10
11°	133	0	1	22	12
15°	154	8	1	24	14
20°	144	70	1	13	9
25°	137	0	1	12	7

TABLEAU II

Développement des vers blancs du deuxième stade.

	Températures						
	7°	11°	15°	20°	25°	30°	34°
Nombre de larves mises en élevage	25	50	51	40	40	20	42
Mues en 3e stade	0	40	44	36	34	0	0
Nombre de Prénymphes	0	0	13	15	10	0	0
Nombre de Nymphes	0	0	5	10	6	0	0
Nombre d'imagos	0	0	1	8	3	0	0
Alimentation :							
minima	0	0	0	5	3	15	—
maxima	5	67	396	271	189	57	—
moyenne	1	26	190	152	108	30	—
Gain de poids mgr :							
minimum	12	50	15	80	70	80	0
maximum	95	1 470	2 925	2 555	2 240	320	215
moyenne	50	590	1 640	1 800	1 390	165	80
Longévité des larves en semaines :							
minimum	5	6	5	5	3	4	2
maximum	62	108	111	90	63	10	8
moyenne	31	58	58	37	26	7	3

DISCUSSION

Dans la nature, sous notre climat, au niveau des racines où se trouvent les vers blancs dans leurs périodes d'activité, les températures moyennes restent voisines de 20°C pendant l'été. En 1952, par exemple, nous avons relevé à —5 cm de profondeur, dans un sol riche en sable et en humus les chiffres suivants :

Juin 1952 : Température moyenne 21°8 maxima 37° minima 12°,
Juillet : Température moyenne 23°1 maxima 38° minima 14°,
Août : Température moyenne 20°4 maxima 32° minima 11°3,
Septembre : Température moyenne 13°4 maxima 23°5 minima 8°5.

Les résultats de nos élevages sont donc confirmés par les relevés dans la nature et démontrent que si l'aire d'extension de *M. melolontha* est limitée à une partie de l'Europe, c'est probablement par suite de la grande sensibilité des larves subissant pendant une période trop longue des températures trop élevées. On s'explique aisément aussi, d'après ces données, qu'il y ait des cycles de 4 ans dans les régions septentrionales et orientales où la température moyenne de l'été est nettement plus basse qu'en France.

Les études en cours sur le rôle des températures alternées nous permettront de déceler les variations susceptibles d'être provoquées par ces alternances dans le comportement et la longévité naturels des larves.

COURBES DE DÉVELOPPEMENT ET SEUILS THÉORIQUES

Parmi les diverses formules proposées pour traduire la relation entre le développement d'un insecte et la température, la plupart des auteurs ont utilisé la théorie de la constante thermique d'après laquelle la durée du développement est inversement proportionnelle à la température efficiente (c'est-à-dire à la différence entre la température ambiante et le seuil de développement). La courbe de développement est alors une hyperbole équilatère, et sa réciproque est une droite qu'il est facile de construire en déterminant la durée du développement du stade étudié à deux températures données. L'intersection de cette droite avec l'axe des températures serait le seuil de développement.

Le tableau III indique les durées moyennes des trois stades larvaires du Hanneton aux quatre températures compatibles avec la croissance de ces insectes et le graphique traduit les données ainsi obtenues.

Malgré la grande variabilité individuelle enregistrée dans le comportement des vers blancs d'un même lot et, dans certains cas, le petit nombre d'insectes utilisés, il se confirme que les courbes représentatives peuvent être assimilées à des droites. Le seuil thermique de développement est alors de 12° pour les larves du premier âge, de 10° pour les vers blancs du deuxième stade et de 9° pour les larves du troisième.

TABLEAU III

Durées en semaines des stades larvaires en fonction de la température.

Températures	Premier stade				Deuxième stade				Troisième stade			
	Nombre de larves	Durée			Nombre de larves	Durée			Nombre de larves	Durée		
		Min.	Max.	Moy.		Min.	Max.	Moy.		Min.	Max.	Moy.
11°C	—	—	—	—	32	38	41	47	—	—	—	—
15°C	4	23	25	24	44	13	39	25	13	59	71	64
20°C	59	5	12	9	36	7	14	9	15	13	57	32
25°C	—	—	—	—	34	4	10	7	10	14	30	23

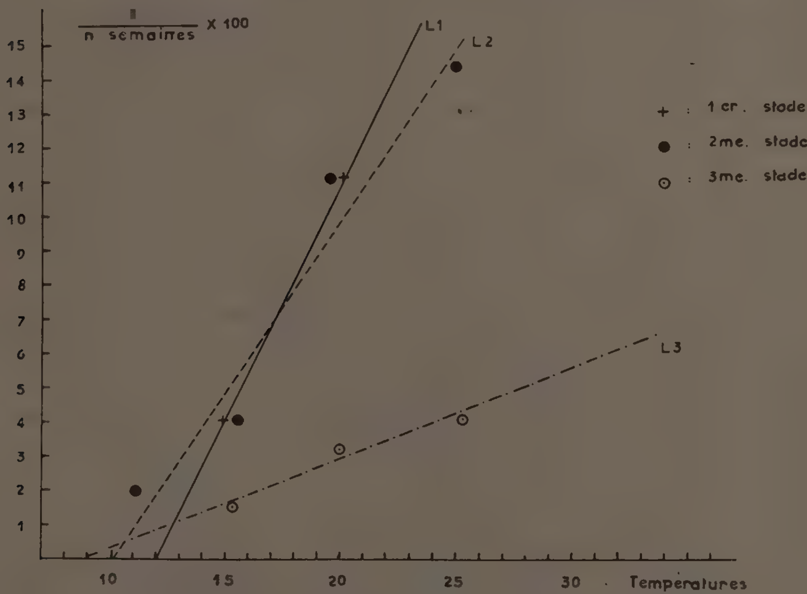


FIG. 1. — Vitesse du développement en fonction de la température et du stade larvaire.

Ce seuil est d'autant plus élevé que les larves sont plus jeunes. Il est légèrement différent des températures minima trouvées expérimentalement, car il est difficile de déterminer par l'expérience les seuils de développement d'une espèce. En effet, aux températures voisines du seuil l'activité est si réduite qu'il est pratiquement impossible d'en déceler les légères variations et, d'autre part, les animaux sont à la limite de leur comportement normal et meurent en plus grand nombre tandis que leur longévité est sensiblement accrue.

RÉSUMÉ

L'élevage à différentes températures constantes de larves de *M. melolontha* depuis l'éclosion jusqu'à la métamorphose a permis :

1° d'établir les limites de températures inférieures et supérieures pour chaque stade : 15 et 25° pour le premier, 10 et 30° pour les deux autres ;

2° de fixer les conditions thermiques nécessaires aux mues : plus de 15° pour les première et troisième, plus de 11° pour la deuxième ;

3° de déterminer les courbes de développement et les seuils théoriques ; 12° pour le premier âge, 10° pour le deuxième et 9° pour le troisième.

Tous ces faits permettent d'interpréter les observations dans la nature et fournissent des bases écologiques pour l'étude de la répartition des cycles et les recherches sur les fluctuations des populations.

Reçu pour publication le 17 mai 1955.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) BLUNK (H.). — Die Entwicklung des *Dytiscus marginalis* L. vom Ei bis zur Imago. *F. wiss. Zool.*, **121**, 1923, p. 171-391.

(2) BONNEMAISON (L.). — Action des températures constantes ou variables sur le développement d'un Hémiptère : *Eurydema ornatum* L. (Pentat.). *Ann. Epiphyt.*, XII, 1946, p. 115-143.

(3) GRISON (P.) et ROEHRICH (R.). — Comparaison du développement des chenilles d'*Operopthera brumata* L. (*Lep. Geometridae*) et *Euproctis phaeorrhoea* Don (Lep. *Liparidae*) à différentes températures constantes. *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 1949, p. 12-16.

(4) HURPIN (B.). — L'élevage des larves de *Melolontha melolontha* L au Laboratoire. *Rapport C. E. Z. A*. Symposium Hanneton de Zurich, 1951.

(5) LE BERRE (J. R.). — Contribution à l'étude biologique du criquet migrateur des Landes (*Locustea migratoria gallica* REMAUDIÈRE). *Bull. Biol., Paris*, LXXXVII, **3**, 1953, p. 228-273.

(6) LUDWIG (D.). — The effects of temperature on the development of an Insect (*P. japonica* NEWN). *Physiol. Zool.*, **1**, n° 3, 1928, p. 358-89.

(7) THIEM (H.). — Uber Erfahrungen bei der Aufzucht von Engerlingen. *Verh. Deuts. Ges. Ang. Ent.*, 1949, p. 77-95.

(8) VOGEL (W.) et ILLIC (B.). — Der Einfluss der Temperatur bei der Verpuppung der Engerlinge von *Melolontha vulgaris* F *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.*, XXVI, 1953, p. 265-276.

(9) de WILDE (J.). — Développement embryonnaire et postembryonnaire du Doryphore (*Leptinotarsa decemlineata* SAY) en fonction de la température. *8th Int. Cong. Ent.*, Stockholm, 1948, p. 310-21.

(10) WILLE (H.) et WILDBOLZ (Th.). — Beobachtungen über die Eiablage des Maikafers und die Entwicklung des Engerlings im Laboratorium. *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.*, XXVI, 1953.

TABLES DES MATIÈRES

MÉMOIRES ORIGINAUX

Imprimerie Bussière à Saint-Amand (Cher), France. — 1-2-1956.
Dépôt légal : 1er trimestre 1956 *N° d'impression : 987*

6e Année. — N° 1 (Trimestriel). Janvier-Février-Mars 1955

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ANNALES DE L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

SÉRIE C

ANNALES DES ÉPIPHYTIES

PATHOLOGIE VÉGÉTALE - ZOOLOGIE AGRICOLE
PHYTOPHARMACIE



INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
7, rue Keppler — Paris

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

7, rue Keppler, PARIS. Tél. : Kléber 23-04, 23-20, 23-21.
Directeur : R. BRACONNIER

Conseil Supérieur de la Recherche Agronomique

Président........... M. le Ministre de l'Agriculture.
Vice-Président ...... M. le Professeur LEMOIGNE, membre de l'Institut.

Comité Permanent de la Recherche Agronomique

Président .... M. le Professeur LEMOIGNE.
Membres........... MM. les Professeurs BRESSOU, TERROINE. N...
Le Directeur de l'Institut National de la Recherche Agronomique.
L'Inspecteur général de la Recherche Agronomique.
Les Directeurs centraux de Recherches.

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : M. BUSTARRET, Inspecteur général de la Recherche Agronomique,

Série A. — *Agronomie :* M. BOISCHOT, Directeur de la Station Centrale d'Agronomie.

Série B. — *Amélioration des plantes :* M. MAYER, Directeur de la Station Centrale de Génétique et d'Amélioration des Plantes.

Série C. — *Epiphyties :* M. RAUCOURT, Directeur du Laboratoire de Phytopharmacie.
M. DARPOUX, Directeur de la Station Centrale de Pathologie végétale et
M. TROUVELOT, Directeur de la Station Centrale de Zoologie agricole.

Série D. — *Zootechnie :* M. BUSTARRET, Inspecteur général de la Recherche agronomique
M. LEROY, Professeur à l'Institut National Agronomique.

Série E. — *Technologie agricole :* M. FLANZY, Directeur de la Station Centrale de Recherches sur l'Œnologie, la Cidrerie et les Jus de fruits.
M. MOCQUOT, Directeur de la Station Centrale de Microbiologie et de Recherches laitières.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION :
7, rue Keppler, PARIS. Tél. : Kléber 23-04, 23-20, 23-21.

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1955

	FRANCE	ÉTRANGER	LE N°
SÉRIE A. — AGRONOMIE			
Abonnement annuel (6 livraisons)	3.000	3.600	600
Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part	400	450	—
SÉRIE B. — AMÉLIORATION DES PLANTES			
Abonnement annuel (4 livraisons)	2.300	2.700	650
Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part	400	450	—
SÉRIE C. — ÉPIPHYTIES			
Abonnement annuel (4 livraisons)	2.300	2.700	650
Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part	300	350	—
SÉRIE D. — ZOOTECHNIE			325
Abonnement annuel (4 livraisons)	1.100	1.300	
SÉRIE E. — TECHNOLOGIE			
Abonnement annuel (4 livraisons)	1.100	1.300	325

Chaque demande de changement d'adresse doit être accompagnée de 30 fr. en timbres-poste.

Les abonnements sont reçus chez tous les libraires ainsi qu'au siège de l'Institut
7, rue Keppler (régie des publications, C.C.P., PARIS, 9064-43)

PRINCIPALES PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Vient de paraître :

L'acoustique des Orthoptères.
(Compte rendu du premier Symposium international, JOUY-en-JOSAS, 5-8 avril 1954.) .... **2.700 fr.**
(franco **2.800 fr.**).

Pour paraître en 1955 :

La Physiologie de l'insecte, par RÉMY CHAUVIN. **2e édition entièrement revue et corrigée.**

●

PRINCIPAUX OUVRAGES EN VENTE :

Les Blés tendres cultivés en France, par JONARD (Paris 1951) **1.600 fr.**

Monographie des principales variétés de Pêchers, par SOUTY et CAILLAVET (Bordeaux 1950) . . . . **2.600 fr.**

La Culture du Maïs Hybride en France . . . . **550 fr.**

●

La lutte chimique contre les Hannetons et les Vers blancs.
Un ouvrage broché in-4° avec nombreuses illustrations.. **900 fr.**
(franco France et Étranger : **950 fr.**)

Cet ouvrage est le deuxième de la collection des « Actualités agronomiques. »

Rapport annuel 1952.
Le rapport annuel est en distribution. Il sera envoyé moyennant la somme de **100** fr. pour frais d'expédition.

●

Les commandes d'ouvrages doivent être adressées au Régisseur des publications 7, rue Keppler, Paris.

Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des publications, par virement postal à son compte courant : Paris 9064-43 ou par bons U. N. E. S. C. O.

TABLE DES MATIÈRES

6e Année. — N° 2 (Trimestriel). Avril-Mai-Juin 1955

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ANNALES DE L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

SÉRIE C

ANNALES DES ÉPIPHYTIES

PATHOLOGIE VÉGÉTALE - ZOOLOGIE AGRICOLE
PHYTOPHARMACIE



INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
7, rue Keppler – Paris

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

7, rue Keppler, PARIS. Tél. : Kléber 23-04, 23-20, 23-21.
Directeur : R. BRACONNIER

Conseil Supérieur de la Recherche Agronomique

Président.......... M. le Ministre de l'Agriculture.
Vice-Président ...... M. le Professeur LEMOIGNE, membre de l'Institut.

Comité Permanent de la Recherche Agronomique

Président .... M. le Professeur LEMOIGNE.
Membres.......... MM. les Professeurs BRESSOU, TERROINE, N...
Le Directeur de l'Institut National de la Recherche Agronomique.
L'Inspecteur général de la Recherche Agronomique.
Les Directeurs centraux de Recherches.

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : M. BUSTARRET, Inspecteur général de la Recherche Agronomique,

Série A. — *Agronomie :* M. BOISCHOT, Directeur de la Station Centrale d'Agronomie.

Série B. — *Amélioration des plantes :* M. MAYER, Directeur de la Station Centrale de Génétique et d'Amélioration des Plantes.

Série C. — *Epiphyties :* M. RAUCOURT, Directeur du Laboratoire de Phytopharmacie.
M. DARPOUX, Directeur de la Station Centrale de Pathologie végétale et
M. TROUVELOT, Directeur de la Station Centrale de Zoologie agricole.

Série D. — *Zootechnie :* M. BUSTARRET, Inspecteur général de la Recherche agronomique
M. LEROY, Professeur à l'Institut National Agronomique.

Série E. — *Technologie agricole :* M. FLANZY, Directeur de la Station Centrale de Recherches sur l'Œnologie, la Cidrerie et les Jus de fruits.
M. MOCQUOT, Directeur de la Station Centrale de Microbiologie et de Recherches laitières.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION :
7, rue Keppler, PARIS. Tél. : Kléber 23-04, 23-20, 23-21.

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1955

	FRANCE	ÉTRANGER	LE N°
SÉRIE A. — AGRONOMIE			
Abonnement annuel (6 livraisons)	3.000	3.600	600
Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part	400	450	—
SÉRIE B. — AMÉLIORATION DES PLANTES			
Abonnement annuel (4 livraisons)	2.300	2.700	650
Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part	400	450	—
SÉRIE C. — ÉPIPHYTIES			
Abonnement annuel (4 livraisons)	2.300	2.700	650
Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part	300	350	—
SÉRIE D. — ZOOTECHNIE			325
Abonnement annuel (4 livraisons)	1.100	1.300	
SÉRIE E. — TECHNOLOGIE			
Abonnement annuel (4 livraisons)	1.100	1.300	325

Chaque demande de changement d'adresse doit être accompagnée de 30 fr. en timbres-poste.

Les abonnements sont reçus chez tous les libraires ainsi qu'au siège de l'Institut
7, rue Keppler (régie des publications, C.C.P., PARIS, 9064-43)

PRINCIPALES PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Vient de paraître :

L'acoustique des Orthoptères.
(Compte rendu du premier Symposium International, JOUY-en-JOSAS, 5-8 avril 1954.) .... **2.700 fr.**
(franco **2.800** fr.).

Pour paraître en 1955 :

La Physiologie de l'insecte, par RÉMY CHAUVIN. 2e édition **entièrement revue et corrigée.**

●

PRINCIPAUX OUVRAGES EN VENTE :

Les Blés tendres cultivés en France, par JONARD (Paris 1951) **1.600 fr.**

Monographie des principales variétés de Pêchers, par SOUTY et CAILLAVET (Bordeaux 1950) . . . . **2.600 fr.**

La Culture du Maïs Hybride en France . . . . **550 fr.**

●

La lutte chimique contre les Hannetons et les Vers blancs.
Un ouvrage broché in-4° avec nombreuses illustrations.. **900 fr.**
(franco France et Étranger : **950** fr.)

Cet ouvrage est le deuxième de la collection des « Actualités agronomiques. »

Rapport annuel 1952.
Le rapport annuel est en distribution. Il sera envoyé moyennant la somme de **100** fr. pour frais d'expédition.

●

Les commandes d'ouvrages doivent être adressées au Régisseur des publications 7, rue Keppler, Paris.

Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des publications, par virement postal à son compte courant : Paris 9064-43 ou par bons U. N. E. S. C. O.

TABLE DES MATIÈRES

6e Année. — N° 3 (Trimestriel). Juillet-Août-Septembre 1955

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ANNALES DE L'INSTITUT NATIONAL
DE LA
RECHERCHE AGRONOMIQUE

SÉRIE C

ANNALES DES ÉPIPHYTIES

PATHOLOGIE VÉGÉTALE - ZOOLOGIE AGRICOLE
PHYTOPHARMACIE



INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
7, rue Keppler – Paris

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

PRINCIPALES PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Vient de paraître :

L'acoustique des Orthoptères.
(Compte rendu du premier Symposium international, JOUY-en-JOSAS, 5-8 avril 1954.) .... **2.700 fr.**
(franco **2.800** fr.).

Pour paraître en 1955 :

La Physiologie de l'insecte, par RÉMY CHAUVIN. 2e édition entièrement revue et corrigée.

●

PRINCIPAUX OUVRAGES EN VENTE :

Les Blés tendres cultivés en France, par JONARD (Paris 1951) **1.600 fr.**

Monographie des principales variétés de Pêchers, par SOUTY et CAILLAVET (Bordeaux 1950) . . . . **2.600 fr.**

La Culture du Maïs Hybride en France . . . . **550 fr.**

La lutte chimique contre les Hannetons et les Vers blancs.
Un ouvrage broché in-4° avec nombreuses illustrations. . **900 fr.**
(franco France et Étranger : **950** fr.)

Cet ouvrage est le deuxième de la collection des « Actualités agronomiques. »

Rapport annuel 1952.
Le rapport annuel est en distribution. Il sera envoyé moyennant la somme de **100** fr. pour frais d'expédition.

●

Les commandes d'ouvrages doivent être adressées au Régisseur des publications 7, rue Keppler, Paris.

Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des publications, par virement postal à son compte courant : Paris 9064-43 ou par bons U. N. E. S. C. O.

TABLE DES MATIÈRES

6e Année. — N° 4 (Trimestriel). Octobre-Novembre-Décembre 1955

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ANNALES DE L'INSTITUT NATIONAL
DE LA
RECHERCHE AGRONOMIQUE

SÉRIE C

ANNALES DES ÉPIPHYTIES

PATHOLOGIE VÉGÉTALE - ZOOLOGIE AGRICOLE
PHYTOPHARMACIE



INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
7, rue Keppler – Paris

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

7, rue Keppler, PARIS. Tél. : Kléber 23-04, 23-20, 23-21.
Directeur : R. BRACONNIER

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION :
7, rue Keppler, PARIS. Tél. : Kléber 23-04, 23-20, 23-21.

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1956

	FRANCE	ÉTRANGER	LE N°
SÉRIE A. — AGRONOMIE			
Abonnement annuel (6 livraisons)	3.500	4.100	650
Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part	400	450	—
SÉRIE B. — AMÉLIORATION DES PLANTES			
Abonnement annuel (4 livraisons)	2.300	2.700	650
Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part	400	450	—
SÉRIE C. — ÉPIPHYTIES			
Abonnement annuel (4 livraisons)	2.300	2.700	650
Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part	300	350	—
SÉRIE D. — ZOOTECHNIE			
Abonnement annuel (4 livraisons)	1.100	1.300	325
SÉRIE E. — TECHNOLOGIE			
Abonnement annuel (4 livraisons)	2.300	2.700	650

Chaque demande de changement d'adresse doit être accompagnée de 30 fr. en timbres-poste.

Les abonnements sont reçus chez tous les libraires ainsi qu'au siège de l'Institut
7, rue Keppler (régie des publications, C.C.P., PARIS, 9064-43)

PRINCIPALES PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Vient de paraître :

L'acoustique des Orthoptères.
(Compte rendu du premier Symposium International, JOUY-en-JOSAS, 5-8 avril 1954.) .... **2.700 fr.**
(franco **2.800** fr.).

Pour paraître prochainement :

La Physiologie de l'insecte, par RÉMY CHAUVIN. 2e édition **entièrement revue et corrigée.**

Les Principales variétés de Pois cultivées en France, par R. FOURMONT.

Les variétés de Lins cultivées, par PLONKA **et leurs principales maladies**, par ANSELME.

●

PRINCIPAUX OUVRAGES EN VENTE :

Les Blés tendres cultivés en France, par JONARD (Paris 1951) **1.600 fr.**

Additif comportant la description des nouvelles variétés dans les inscrites, par SIMON : Franco .... **300 fr.**

Monographie des principales variétés de Pêchers, par SOUTY et CAILLAVET (Bordeaux 1950) .... **2.600 fr.**

La Culture du Maïs Hybride en France .... **550 fr.**

La lutte chimique contre les Hannetons et les Vers blancs.
Un ouvrage broché in-4° avec nombreuses illustrations.. **900 fr.**
(franco France et Étranger : **950 fr.**)
Cet ouvrage est le deuxième de la collection des « Actualités agronomiques ».

●

Les commandes d'ouvrages doivent être adressées au Régisseur des publications 7, rue Keppler, Paris.

Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des publications, par virement postal, à son compte courant : Paris 9064-43 ou par bons U.N.E.S.C.O.

TABLE DES MATIÈRES

